# रसायन-विज्ञान

## भाग 1

उच्चतर माध्यमिक स्कूलों के लिए पाठ्यपुस्तक

**टी० आर० शेषाद्रि**
प्रोफेसर एमेरिटस
रसायन-विज्ञान विभाग
दिल्ली विश्वविद्यालय
दिल्ली

**बलभद्र प्रसाद**
(भूतपूर्व उपकुलपति)
इलाहाबाद विश्वविद्यालय
साइंस कालेज
पटना

**बी० डी० जैन**
प्रोफेसर, रसायन-विज्ञान विभाग
दिल्ली विश्वविद्यालय
दिल्ली

**एन० व्ही० सुब्बा राव**
प्रोफेसर, रसायन-विज्ञान
और विभागाध्यक्ष
उस्मानिया विश्वविद्यालय
हैदराबाद

# रसायन-विज्ञान

## भाग 1

उच्चतर माध्यमिक स्कूलों के लिए पाठ्यपुस्तक

राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद्

अप्रैल 1974 : चैत्र 1896

P. D. 10 T.



मूल्य : रु० 3.00

प्रकाशन विभाग में श्रीमती अंजनी दयानन्द, सचिव, राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद्, राष्ट्रीय शिक्षा संस्थान भवन, श्री अरविन्द मार्ग, नई दिल्ली 16 द्वारा प्रकाशित तथा कैक्स्टन प्रेस, रानी झांसी रोड, नई दिल्ली में मुद्रित।

# प्रस्तावना

विद्यार्थियो को सही तरह से विज्ञान पढ़ाने के लिए और उनमें विज्ञान के प्रति रुचि उत्पन्न करने के लिए एक अच्छे अध्यापक के बाद एक अच्छी पाठ्यपुस्तक की ही सबसे ज्यादा जरूरत होती है । पाठ्य-पुस्तक को न केवल पठनीय और सुबोध होना चाहिए ताकि वह विद्यार्थी को ज्ञात से अज्ञात की ओर ले जाए, बल्कि उसे स्थानीय जरूरतो और परम्पराओ के अनुकूल पाठ्यचर्या की आवश्यकता की भी पूर्ति करने वाला होना चाहिए ।

रसायन-विज्ञान अनिवार्यत. एक प्रयोगात्मक विज्ञान है और इसलिए यदि उपयुक्त प्रयोगो की सहायता से इसे पढ़ाया जाए और उसके प्रयोगों को कार्यान्वित करने की विधियो का विवरण भी दिया जाए तो उसको समझना आसान हो जाता है । यद्यपि विज्ञान सार्वभौम होता है तथापि स्थानीय उपलब्ध सामग्री और परिचित उदाहरणो की सहायता से उसको पढाना आसान भी और शैक्षिक सिद्धांतो के उपयुक्त भी है ।

सामान्यत: ऐसा महसूस किया जाता है कि भारतीय स्कूलो मे रसायन-विज्ञान का अध्यापन समुचित रूप से नही हो सका है । इसका कारण पढाने की इस विधि का अभाव तथा पाठ्यपुस्तको का उपलब्ध न होना रहा है । इसके अलावा हमारे स्कूलों मे अच्छे अध्यापकों का अभाव भी सर्वविदित है । इसीलिए उपयुक्त नियोजित पाठ्यपुस्तको द्वारा इस कमी को पूरा करने की जरूरत का सुझाव दिया गया है ।

इसी पृष्ठभूमि को ध्यान में रखकर प्रस्तुत पुस्तक तैयार की गई है । इसमे पाठ्यसामग्री को उपयुक्त प्रयोगो और उदाहरणो की सहायता से विकसित किया गया है । रसायन-विज्ञान से परिचय कराने के लिए हवा और पानी जैसे सुपरिचित पदार्थों को प्रारम्भ बिंदु बनाया गया है ।

तत्वों, यौगिकों, मिश्रित पदार्थो, अम्लों, क्षारो और लवणों से सम्बद्ध सिद्धातो को समझाने के लिए परिचित पदार्थो के उदाहरणों को लिया गया है । प्रयोगो में काम आने वाले उपकरणों को सीधी-सादी डिजायनो को भी दिया गया है । ये प्रयोग स्वय विद्यार्थियो द्वारा सुविधा से किए या अध्यापकों द्वारा दिखाए जा सकते हैं ।

यह पाठ्यपुस्तक की तीन वर्षीय उच्चतर माध्यमिक कक्षाओं के लिए तैयार की गई है । इसका पहला भाग कक्षा नौ, दूसरा कक्षा दस और तीसरा कक्षा ग्यारह के लिए है ।

भाग एक में विभिन्न प्रकार के पदार्थों से परिचित कराया गया है और सामान्य वस्तुओं की प्रारम्भिक रासायनिक जानकारी दी गई है तथा रसायन-विज्ञान का आणविक और परमाणविक आधार बताया गया है। इस भाग द्वारा रसायन-विज्ञान के मूलभूत सिद्धांतों का प्रारंभिक परिचयात्मक ज्ञान कराया गया है। भाग एक मे बताई गई सामान्य धातुओं, अधातुओं, लवणो और कार्बनिक यौगिको को सामान्यत: स्कूल के संग्रहालय में आसानी से उपलब्ध होना चाहिए और पढाने मे उनका उपयोग भी किया जाना चाहिए।

पाठ्यपुस्तक का भाग दो तैयार हो चुका है व भाग तीन तैयार किया जा रहा है। भाग दो मे भौतिक नियमों को रसायन-विज्ञान मे लागू किया जाना समझाया गया है। उनको लागू करने की क्रिया को समझने के लिए अपेक्षित कुछ महत्वपूर्ण तत्वों और उनके यौगिको के रसायन को भी उसमे लिया गया है।

भाग तीन मे भी आवर्त सारणी के प्रकाश में तत्वो के रसायन के वर्णन दिए जाएगे। इसके साथ ही उसमें प्रारम्भिक कार्बनिक रसायन-विज्ञान की विशिष्ट कार्बनिक यौगिको के दृष्टिकोण से समझाया जाएगा।

हर अध्याय के अंत मे प्रश्नो के साथ संक्षिप्त सारांश भी दिया गया है ताकि अध्याय में पढी गई पाठ्यवस्तु का दोहराना हो जाए। पुस्तक के अंत मे परिशिष्ट के रूप में कुछ महत्वपूर्ण वस्तुपरक शैली के प्रश्न दिए गए हैं। आशा है कि ये विद्यार्थियों और अध्यापकों द्वारा उपयोगी सिद्ध होंगे।

इस शताब्दी के दौरान रसायन-विज्ञान मे बड़ी तेजी से प्रगति हुई है और अनेक विचारों व संकल्पनाओं में परिवर्तन हुए है। बहुत-से मामलो मे स्पष्टीकरण अधिक तर्कसंगत और सरल हो गए है। ये परिवर्तन अब भी हुए चले जा रहे है। फलस्वरूप समय-समय पर पाठ्यपुस्तकों में काफी परिवर्तन-संशोधन करने पड़ते है। सम्पादक मंडल को उम्मीद है कि इस पाठ्यपुस्तक से आज की जरूरतें पूरी हो सकेंगी और यह पूरे देश मे एक मानक स्थापित कर सकेगी। पाठको से निवेदन है कि वे जो भी सुझाव और समीक्षाएं उचित समझें, हमारे पास भेजे।

# विषय-सूची



---

**नोट** · परिचय के शीर्षक पृष्ठ 1 पर **द्रव्य** के स्थान पर **द्रव** छप गया है, उसे पाठक कृपया ठीक कर लें।

परिचय

# द्रव और इसके रासायनिक प्रकार

इस विश्व की रचना भाँति-भाँति के पदार्थो से हुई है। इनमें से कुछ की रचना सरल है और इन्हें ऐलिमैंट्स या मूलतत्व कहते है, कुछ अन्य है जो जटिल किस्म के *यौगिक* है। कुछ और भी है जो इनके मिश्रण है। इनमे से जो सरल और सुलभ है उनसे रासायनिक प्रकारो और रासायनिक सिद्धांतो के समझने मे सहायता मिलती है। इनमे से ये वस्तुएँ सबसे सुलभ है :

1. *वायु* : यह विभिन्न मूलतत्वों और कुछ यौगिको का एक प्ररूपी मिश्रण है।

2 *जल* . यह भी एक प्ररूपी यौगिक है किन्तु रचना में अपेक्षाकृत सरल है।

3. *कार्बन, गधक और फॉस्फोरस* ' ये तीन ऐसे मूलतत्व है जो नित्य के जीवन मे बहुत सामने आते है। ये प्ररूपी अधातुएँ है और ये अम्लीय ऑक्साइड बनाते है।

4 *धातुएँ* : ये अलग श्रेणी में आती है और क्षारकीय ऑक्साइड बनाती है, जो प्राय' अम्लो मे घुल जाते है और लवण बनाते है। सबसे अधिक प्रयोग मे आने वाली धातुएँ है; सोना, चाँदी, ताँबा, राँगा, एल्यूमिनियम, पारा, सीसा और लोहा। ये धातुओं के प्ररूपी गुणो और उनके महत्वपूर्ण उपयोगो को प्रकट करती है।

5 *लवण*: ये तब बनते है जब धातुओ और अम्लो की एक दूसरे पर अभिक्रिया होती है।

6 *कार्बनिक पदार्थ* : ये कार्बन के यौगिक है।

आगे आने वाले अध्यायो से इन पदार्थों का, इनकी रासायनिक प्रकृति, इनकी रचना और गुणों का, इनके उपयोगो का और उन रासायनिक सिद्धातो का वर्णन है जो इनके उदाहरणो से समझाए जाते हैं।

## अध्याय 1

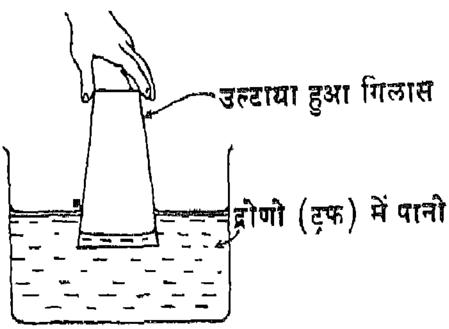
# वायु

## 1.1 वायु द्रव्य है

हम सब वायु से तो परिचित ही है जिसमे हम सदा साँस लेते रहते हैं। पृथ्वी के चारों ओर वायुमंडल है और यह हर जगह एक-सा होता है चाहे मैदान हो या समुद्र या पहाड़। वायु वर्णहीन या बिना रग की होती है, देखी नही जा सकती। किन्तु इसके अस्तित्व को अनुभव किया जा सकता है और प्रयोग द्वारा दिखाया भी जा सकता है, जैसाकि नीचे के तीन प्रयोगो मे बताया गया है।

**प्रयोग 1**

काँच की एक द्रोणी (ट्रफ) मे कुछ पानी भरो और फिर जैसाकि चित्र-1 में दिखाया




चित्र-1. *वायु सपीडन का प्रतिरोध है*

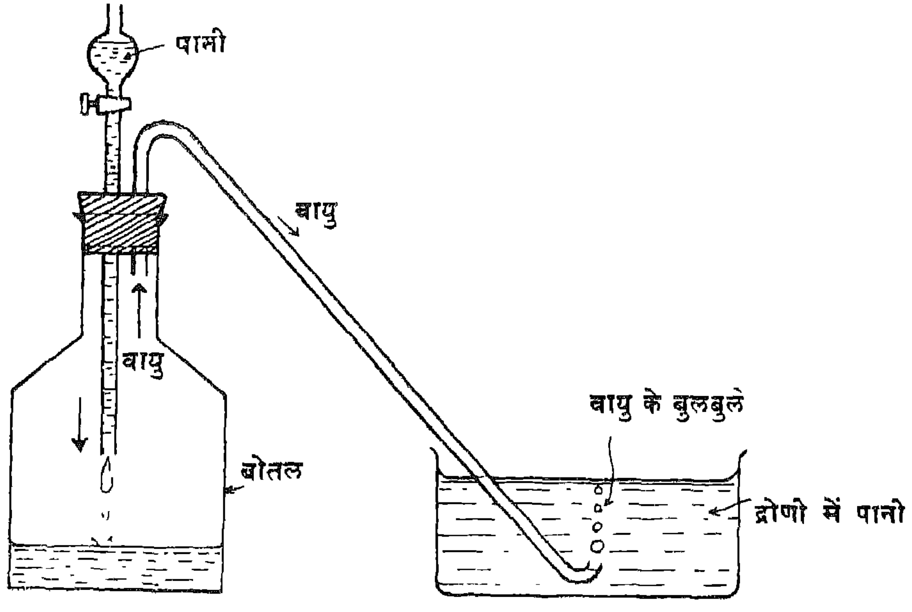
गया है, एक गिलास को उल्टा करके पानी मे डुबाओ। पानी की सतह से गिलास को नीचे की ओर दबाओ। आप देखेंगे कि गिलास में पानी ऊपर नही चढ़ रहा है। इससे यह प्रकट होता है कि गिलास मे कोई गैस है जो पानी को अपनी जगह लेने से रोकती है। यह गैस वायु ही है और यह संपीडन का प्रतिरोध करती है।

**प्रयोग 2**

जैसाकि चित्र-2 मे दिखाया गया है, उपकरण को उसी ढग से सजाइए। निकासनली के सिरे को पानी से भरी द्रोणी में डुबाइए। अब टैप-फनल मे से कुछ पानी गिराइए। आप देखेंगे कि पानी मे डूबी नली से बुलबुले निकल रहे हैं। इससे यह प्रकट होता है कि बोतल मे वायु थी जिसका स्थान ऊपर से छोड़े हुए पानी ने ले लिया।

**प्रयोग 3**

मोटे काँच की गोल तली की बोतल लीजिए। उसके मुँह मे रबड़ की डाट लगाइए जिसमे एक काँच की नली फँसी हो (चित्र-3)। इसके ऊपर रबड़ की नली और पिच-काक लगी हो। आधी बोतल पानी से भरिए (पिच-काक या दाबक रोधनी) को खोल कर बोतल के पानी को खौलाइए। जब इसमें से भाप




चित्र-2. *वायु स्थान घेरती है (पानी द्वारा विस्थापन)*

निकलने लगे और बोतल के भीतर की वायु का स्थान भाप ले ले तो पिंच-काक को बंद कर दीजिए। अब बोतल को ठंडा होने दीजिए। बोतल के भीतर की भाप संघनित हो जाएगी और वैक्यूम निर्वात हो जाएगा। बंद बोतल को तौल लीजिए। अब पिंच-काक को खोल दीजिए। खोलते ही सूँ-सूँ जैसी ध्वनि निकलेगी। वह सूँ-सूँ वायु के भीतर जाने के कारण हो रही है। अब फिर से बोतल को तौलिए। आप पाएँगे कि बाद में तौलने पर बोतल पहले से भारी है।

इन परीक्षणों से पता चलता है कि वायु स्थान घेरती है और इसमें भार होता है जैसाकि हर प्रकार के द्रव्य में होता है।

वायु को सर्व प्रथम सन 1654 में ओटोवान गेरिक ने तौला था। पहले उसने एक खोखले गोल को प्रकृत रूप में तौला और फिर पंप से उसकी सारी हवा निकाल कर तौला। इस प्रकार उसने वायु के भार का मोटा-सा अनुमान लगाया।

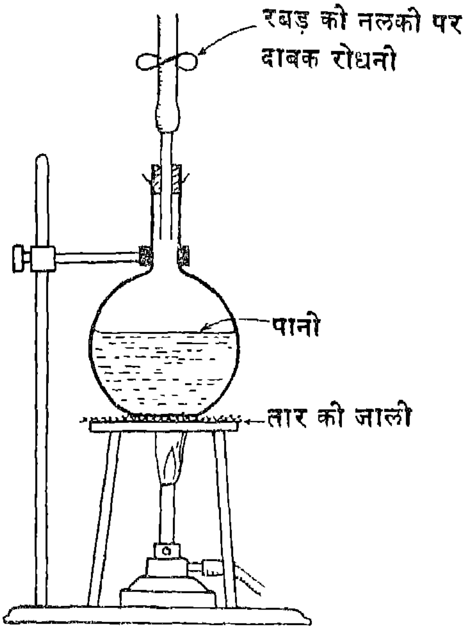
सामान्य स्थितियों में एक लीटर वायु का भार लगभग 1.293 ग्राम होता है।

## 1.2 वायु एक महत्वपूर्ण रासायनिक पदार्थ है

वायु के बिना जीवन संभव नहीं। मनुष्य और पशु सभी को साँस लेने के लिए इसकी आवश्यकता है। बढ़ने के लिए पौधों को भी वायु चाहिए। जलने के लिए भी वायु अनिवार्य है। यह सब कुछ परीक्षण के तौर पर पहली बार सन 1660 में राबर्ट बायल ने कई प्रकार की चीजें निर्वातित वाहिका में रखकर प्रदर्शित किया था।

## 1.3 वायु एक मिश्रण है

अठारहवीं शताब्दी के मध्य तक भारतवासी और ससार के अधिकाश लोग वायु को पाँच तत्वो में से एक तत्व मानते थे। अन्य तत्व पृथ्वी, जल, अग्नि और आकाश (ईथर) थे। उनका विचार था कि इन पाँचो तत्वो के भिन्न-भिन्न माला मे मिलने से ससार के सब प्रकार के पदार्थ बनते है। धीरे-धीरे यह प्रकट हुआ कि वायु सरल पदार्थ नही है। सन 1757 में एक स्काटिश रसायनज्ञ जोसफ ब्लैक ने यह देखा कि वायु का बहुत थोडा-सा अश क्षार की सहायता से निकाला जा सकता है। उसने इस वायु को 'फिक्स्ड एयर' का नाम दिया। इसका कारण यह था कि यह तब बनती थी जबकि चूने के पत्थर जैसे किसी खनिज को गर्म किया जाए। यह बहुत कुछ उस गैस की तरह थी जो साँस के साथ बाहर निकलती है या ईंधन




चित्र-3 वायु में भार होता है और दाब डालती है

के जलने मे निकलती है। अब इस गैस को कार्बन डाइऑक्साइड कहा जाता है। सामान्य वायु मे कार्बन डाइआक्साइड रहती है। इसे निम्नलिखित प्रयोग द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है।

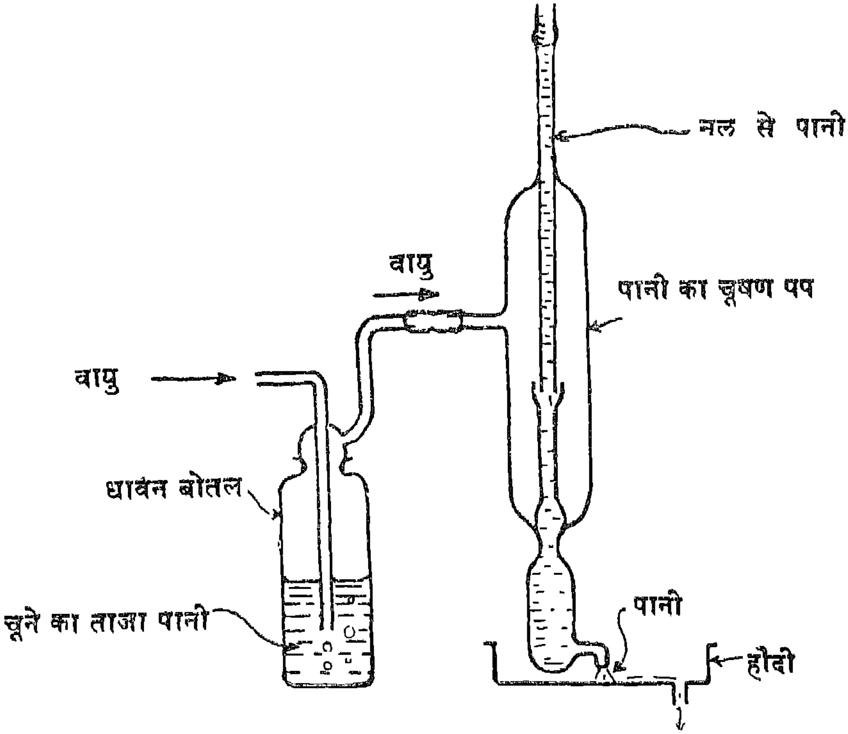
### प्रयोग 4

गैस धोने की एक बोतल में थोडा-सा चूने का पानी लीजिए। इसका एक सिरा छानने (फिल्टर) के पप से जुडा हो और एक वायु के लिए खुला हो, जैसा चित्र-4 में दिखाया गया है। पंप को चला दीजिए। थोडी देर मे दिखाई देगा कि चूने का पानी दूधिया होने लगा है। यह वायु में मिली हुई कार्बन डाइआक्साइड के चूसे जाने के कारण चूने के पानी पर उसकी अभिक्रिया के कारण हुआ।

सन 1770–1777 के बीच बहुत-से वैज्ञानिको ने यह सिद्ध किया कि वायु के मुख्यत: दो अंश होते है। एक वह जिससे जलने मे सहायता मिलती है और दूसरा वह जिससे ऐसा नही होता। सन 1770 मे कार्ल विलहेम शील ने यह देखा कि लोहे की भीगी हुई रेतनो के संपर्क में रखने से बंद वायु की माला में कुछ कमी हो जाती है।

### प्रयोग 5

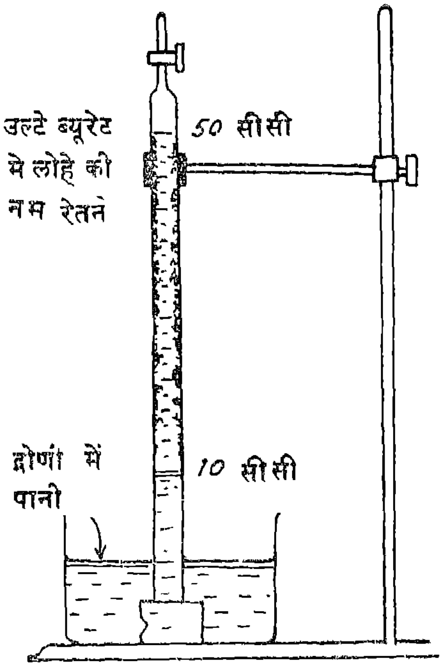
एक ऐसे ब्यूरेट को लेकर जिसके भीतर की तरफ कुछ गीली लोहे की रेतने चिपकी हों, पानी की द्रोणी में छेददार आसन पर उलट कर चित्र-5 की तरह लगाइए। पानी का स्तर शून्य के निशान पर रखिए। ब्यूरेट की स्टाप-काक या रोधनी को बद करके उपकरण को कई दिन तक ऐसा ही रखे रहने दीजिए। आप देखेंगे कि लोहे की रेतनों पर जंग लगने लगी है और पानी ब्यूरेट मे ऊपर चढ़ता जा रहा है और शून्य के निशान से ब्यूरेट के पैमाने पर पाँचवें भाग तक चढ़ गया है। जब पानी ब्यूरेट में ऊपर चढ़ना बंद हो जाए




चित्र-4. *वायु में कार्बन डाइआक्साइड रहती है*

तो ब्यूरेट की बची हुई वायु की परीक्षा कीजिए। इसके लिए ब्यूरेट को पानी से निकाल कर जलती हुई लकड़ी की चिपटी ब्यूरेट में डालिए। आप देखेगे कि लकड़ी बुझ जाएगी। इससे यह ज्ञात होता है कि बची हुई गैस जलने मे सहायता नही करती और जिससे यह प्रकट होता है कि वायु में (i) वह क्रियाशील गैस होती है जो जग लगने से सोख ली जाती है (वायु का लगभग पाँचवाँ भाग) और (ii) बची हुई अक्रिय गैस (जो वायु का 4/5 भाग होती है)।

शील ने सोखी जाने वाली वायु को *अग्नि वायु* (फायर एयर) और शेष वायु को *दुर्वायु* (फाउल एयर) नाम दिया क्योंकि अग्नि वायु से जलने मे सहायता मिलती है और लोहे को जग लग जाता है और दुर्वायु से ऐसा नही होता। सन 1772 में जोसेफ प्रिस्टले ने पता लगाया कि वायु का लगभग 20 प्रतिशत सक्रिय होता है। यद्यपि इन सब परीक्षणो से यही प्रकट होता था कि वायु दो से अधिक द्रव्यों का मिश्रण है किन्तु इनमें से किसी भी वैज्ञानिक ने ऐसा कहने का साहस नही किया। आखिर सन 1777 मे एनताइन लाभोजियर ने ही यह घोषणा की कि वायु एक मिश्रण है। उसने बहुत उच्च कोटि का परीक्षण किया जिससे निश्चित रूप से यह सिद्ध हो गया कि वायु के दो अंश है; जिनके गुण बहुत ही भिन्न या कहिए विरोधी होते है। एक अंश तो लगभग 20 प्रतिशत (आयतन के अनुसार) होता है और जलने

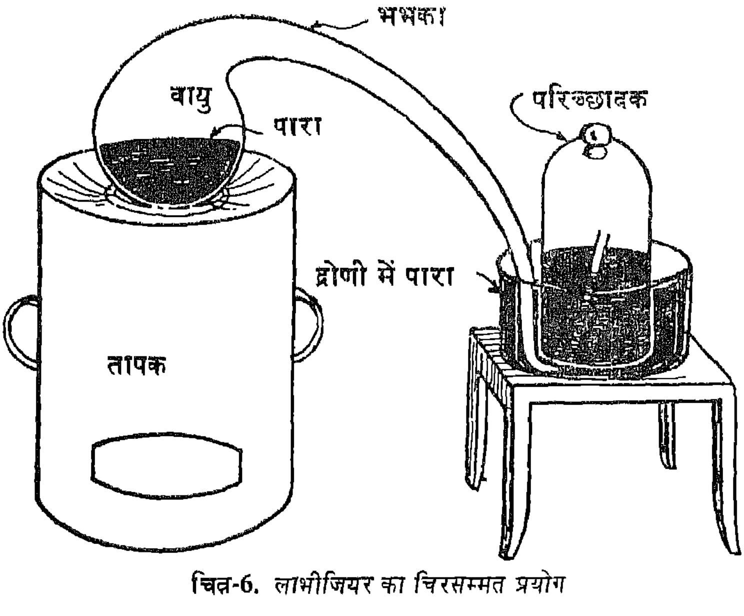



**चित्र -5.** *वायु से लोहे मे जंग लगती है*

मे मदद करता है। उसे उसने *ऑक्सीजन* का नाम दिया और दूसरे भाग को जो जलने मे सहायक नही होता *नाइट्रोजन* कहा। उसने निम्नलिखित प्रयोग किया।

उसने काँच के एक रिटार्ट या भभके मे तुला हुआ पारा लिया और भभके को एक ऐसे बेलजार से जोड दिया जो एक पारे से भरी द्रोणी (ट्रफ) मे उल्टाकर कर रखा गया था जैसे कि चित्र-6 मे दिखाया गया है। उसने पारे को खूब गर्म किया और तब तक गर्म करता रहा जब तक कि वायु के आयतन का घटना रुक नहीं गया और उसने यह देखा कि वायु मे उसके पाँचवे भाग के बराबर कमी हुई है। शेष वायु मे लौ बुझ गई और पशु (चुहिया) दम घुटने से मर गया।

उसने सारा लाल ठोस पदार्थ (मरक्यूरिक ऑक्साइड) निकाल कर एक दूसरे उपकरण मे ले लिया और उसे फिर तब तक गर्म किया जब तक गैस निकलनी बद नही हो गई। इस गैस को भी




**चित्र-6.** *लाभीजियर का चिरसम्मत प्रयोग*

उसने एकत्र कर लिया। ऐसा करने पर उसने देखा कि पारे का भार उतना ही हो गया है, जितना आरंभ में था और निकली हुई गैस भी मूल वायु के पाँचवें भाग के बराबर ही थी। यह गैस ऑक्सीजन थी और जब इसे शेष वायु में मिला दिया गया तो फिर वह सामान्य वायु बन गई।

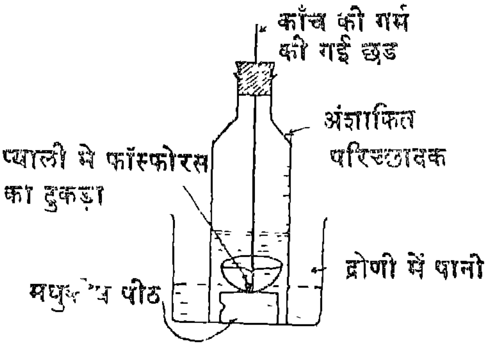
सामान्य वायु में ऑक्सीजन होती है, इसको दिखाने के लिए एक और परीक्षण नीचे दिया जा रहा है।

**प्रयोग 6**

सफेद फॉस्फोरस का एक टुकड़ा छोटे-से प्याले में लीजिए और ऐसे छत्तेदार आसन पर रखिए जो एक द्रोणी में थोड़े-से पानी में डूबा हुआ हो। इस प्याले को जैसा कि चित्र में दिखाया गया है एक जार से ढक दीजिए जिसके डाट में शीशे की एक छड़ फँसी हो। पानी के ऊपर जार का जितना भाग है उसको पाँच भागों में बाँट कर काँच पर लिखने वाली पेंसिल या कागज चिपका कर निशान बना दीजिए। अब काँच की छड़ को गर्म करके उससे फॉस्फोरस के टुकड़े को छूकर डाट को तुरत बंद कर दीजिए। आप देखेंगे कि फॉस्फोरस में आग लग जाएगी और पहले तो जार सफेद घने धुएँ से भर जाएगा, फिर शीघ्र ही यह धुआँ पानी में घुल जाएगा। इससे पानी ऊपर उठेगा और पहले निशान तक पहुँच जाएगा। अब जार में जलता हुआ कागज डालिए। आप देखेंगे कि यह फौरन बुझ जाता है। इससे यह पता चलता है कि वायु में 20 प्रतिशत ऑक्सीजन है और जिसकी फॉस्फोरस के साथ अभिक्रिया होती है तथा बची हुई वायु जलने में सहायता नहीं करती।

*नोट:* फॉस्फोरस की मात्रा इतनी अवश्य होनी चाहिए कि वह सारी ऑक्सीजन से संयोजित हो सके।

बहुत समय तक यह समझा जाता रहा कि ऑक्सीजन और कार्बन डाइऑक्साइड के अतिरिक्त जो वायु बची रहती है वह शुद्ध नाइट्रोजन होती है। केवल सन 1894 में आकर विलियम रेमसे ने यह पता लगाया कि इसमें पाँच और गैसें होती हैं जो नाइट्रोजन से भी कहीं अधिक अक्रिय होती हैं। उसने उन्हें *उत्कृष्ट गैसों या रेयर गैसों या इनर्ट* अर्थात् *अक्रिय गैसों* की संज्ञा दी। इन गैसों के नाम हैं; हीलियम, नियोन, आरगन, क्रिप्टान और जीनान, और ये सब मिल कर सामान्य वायु के एक प्रतिशत के बराबर होती हैं। इन सबमें आरगन सबसे अधिक मात्रा में होती है। आजकल इन सब गैसों को विशेष विधियों द्वारा अलग-अलग कर लिया जाता है।




चित्र–7. *जब फॉस्फोरस बंद वायु में जलता है तो पानी बेलजार में ऊपर उठता है*

## 1.4 वायु का संगठन

इन गैसों के अलावा वायु में पानी की वाष्प भी होती है, जिसको निम्नलिखित प्रयोग द्वारा दिखाया जा सकता है।

**प्रयोग 7 (क)**

एक वाच-ग्लास में थोड़ा-सा संलीन **कैल्सियम**

क्लोराइड लीजिए। इसे करीब एक घंटे तक हवा में खुला रखिए। आप देखेंगे कि संलीन कैल्सियम क्लोराइड वायु में से नमी सोखने के कारण नम हो जाता है।

**प्रयोग (ख)**

एक परखनली लेकर उसमें बर्फ के टुकड़े भर दीजिए और कुछ देर तक रखे रहिए। आप देखेंगे कि वायुमंडल की वाष्प के संघनन के कारण परखनली के बाहर पानी की बूँदें बनने लगी हैं।

वायु के सभी अंशों में से ऑक्सीजन, नाइट्रोजन और उत्कृष्ट गैसें तो हर जगह अधिकतर एक समान रहती हैं किन्तु कार्बन डाइआक्साइड और जल वाष्प की मात्रा बदलती रहती है। स्थिर अंशों का प्रतिशत इस प्रकार रहता है।

| | आयतन का प्रतिशत | भार का प्रतिशत |
|---|---|---|
| नाइट्रोजन | 78·09 | 75·52 |
| ऑक्सीजन | 20·94 | 23·14 |
| उत्कृष्ट गैसों सहित अन्य घटक | 0·97 | 1·34 |
| | 100·00 | 100·00 |

वायु के परिवर्तनशील घटकों में से कार्बन डाइ-आक्साइड आयतन के अनुसार 0·03 प्रतिशत अंश होता है और यह काफी महत्वपूर्ण होता है। प्रकृति में ईंधनों के जलने, पौधों और प्राणियों के साँस छोड़ने के कारण यह वायुमंडल में मिली रहती है। खुले स्थानों की अपेक्षा घने उद्योग प्रधान नगरों के वायुमंडल में कार्बन डाइआक्साइड की मात्रा कुछ अधिक रहती है।

एक और परिवर्तनशील घटक होता है जलवाष्प। यह लगभग एक प्रतिशत के बराबर होता है और स्थानीय परिस्थितियों तथा तापमान के अनुसार इसकी मात्रा बदलती है। यह कोहरे, ओस और वर्षा के रूप में प्रकट होता है। गर्म जलवायु में जलवाष्प का प्रतिशत ठंडे जलवायु की अपेक्षा अधिक रहता है। वर्षा ऋतु में यह बहुत अधिक रहता है।

उपर्युक्त घटकों के अतिरिक्त वायु में कभी-कभी कुछ और प्रकार के अपद्रव्य भी रहते हैं। ये अपद्रव्य होते हैं, हाइड्रोजन सल्फाइड, अमोनिया और सल्फर डाइआक्साइड जैसी गैसें। किन्तु ये अपद्रव्य बहुत थोड़ी मात्रा में होते हैं और विशेष रूप से औद्योगिक नगरों की वायु में पाए जाते हैं।

## 1.5 वायु के महत्वपूर्ण घटक

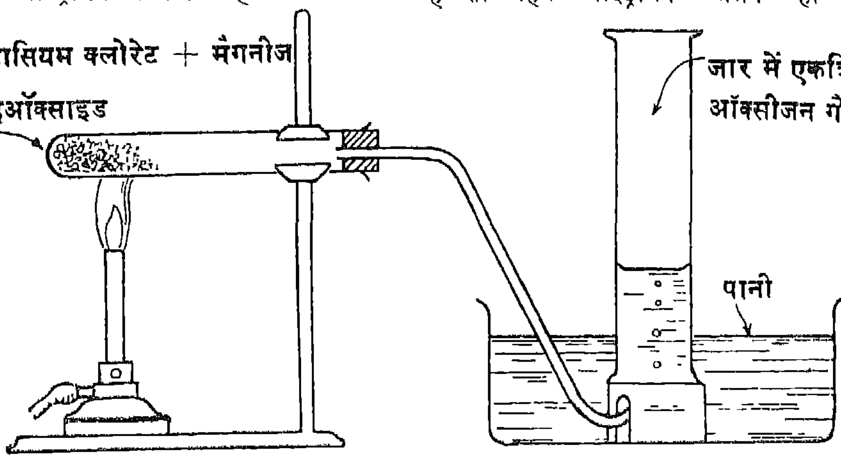
(क) *ऑक्सीजन :* इसे इस कारण मूलतत्व माना जाता है क्योंकि इसे आगे और सरल द्रव्यों में विभक्त नहीं किया जा सकता। यह रंगहीन और निर्गंध गैस होती है और वायु से तनिक भारी होती है। हर गैस का प्रति इकाई आयतन (एक लिटर) एक निश्चित संहति होती है और वह 0 डिग्री सें० और 760 मिलिमीटर दाब पर ली जाती है। इसे गैस का घनत्व कहते हैं। एक लिटर ऑक्सीजन का 0 डिग्री से० तापमान और 760 मिलिमीटर दबाव पर भार 1·43 ग्राम होता है और इस प्रकार यही इसका घनत्व कहलाता है। यह जल में कुछ-कुछ घुलनशील है। यह पाइरोगैलोल के घोल में बहुत शीघ्र सोख ली जाती है जिसमें सोडियम हाइड्राआक्साइड होता है। ऑक्सीजन को वायु में से अलग किया जा सकता है।

ऑक्सीजन काफी अभिक्रियाशील होती है और बहुत-से पदार्थों से संयोजन कर सकती है। जलने और साँस लेने में यह सहायक होती है, इसके कारण यह बहुत उपयोगी है। ऑक्सीजन के भरे हुए इस्पात के सिलिंडर अस्पतालों में कृत्रिम स्वास देने के लिए काम आते हैं। इनमें बहुत अधिक दाब पर ऑक्सीजन भरी होती है।

कारखानो मे भी ऑक्सीजन के सिलिंडर से ज्वाला प्राप्त करके धातुओं के झालने का काम लिया जाता है। प्रकृनि मे ऑक्सीजन एक और महत्व-पूर्ण कार्य करती है। यह मृत पदार्थ के सडने मे सहायता करती है जिससे कार्बन डाइऑक्साइड, पानी और नाइट्रोजन निकलते है।

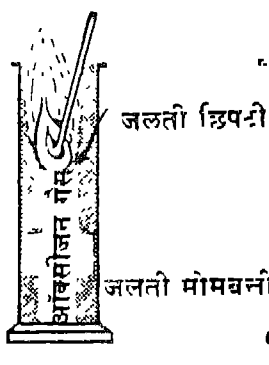
होती है तो इसे द्रव ऑक्सीजन कहते है।

बडे पैमाने अथवा व्यवसायिक निर्माण मे ऑक्सीजन द्रव वायु से बनाई जाती है। वायु को शुद्ध करके, ठंडा करने और संपीडन से द्रव वायु बनती है। जब इसे हल्के-हल्के वाष्पन कराया जाता है तो पहले नाइट्रोजन अलग हो जाती है

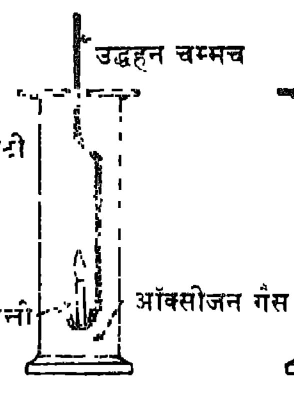



चित्र–8. *प्रयोगशाला मे ऑक्सीजन का बनाना*

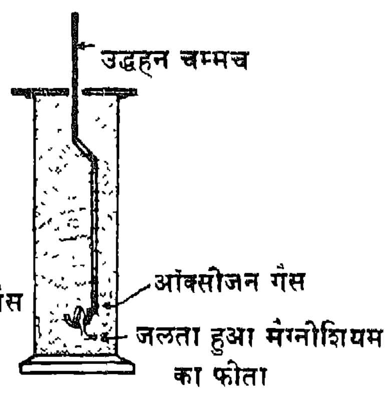
यद्यपि ऑक्सीजन सामान्यत: गैस होती है किन्तु इसे ठंडा करके और दाव डाल कर द्रव रूप में बदला जा सकता है। जब यह द्रव रूप मे और ऑक्सीजन पीछे बच रहती है। प्रयोगशाला मे पोटासियम क्लोरेट को थोड़े से मैगनीज डाइ-ऑक्साइड के साथ मिलाकर आगे बताए गए प्रयोग के




चित्र–9. *ऑक्सीजन मे जलती छिपटी*




चित्र–10. *ऑक्सीजन में जलती मोमबत्ती*




चित्र–11. *ऑक्सीजन मे जलता हुआ मैग्नीशियम का फीता*

अनुसार करने से ऑक्सीजन तैयार की जा सकती है। यहाँ पोटासियम क्लोरेट के विघटन में सहायता करने के लिए मैंगनीज डाइऑक्साइड का उपयोग किया जाता है। ऐसे पदार्थ को जो अभिक्रिया को तीव्र कर देता है, उत्प्रेरक कहते हैं।

**प्रयोग 8. प्रयोगशाला में ऑक्सीजन का बनाना**

थोड़े-से पोटासियम क्लोरेट के क्रिस्टल लेकर उन्हें थोड़े मैंगनीज डाइऑक्साइड के साथ मिला लीजिए। इस मिश्रण को कठोर काँच की एक ऐसी परखनली में लीजिए, जिसकी डाट में से एक नली निकल कर पानी की द्रोणी में डूबी हुई हो। परखनली को गर्म कीजिए और गैस को इस ढंग से भरिए कि पानी की जगह गैस लेती जाए। इस जार को चित्र-8 की भाँति छत्तेदार आसन पर रखना चाहिए। गैस के निम्नलिखित गुणों को नोट कीजिए :

(i) गैस के एक जार में जलती हुई लकड़ी की खपची डाल कर देखिए। आप देखेंगे कि खपची और अधिक चमक के साथ जलती है (चित्र-9)।

(ii) दूसरे जार में जलती हुई मोमबत्ती उतारिए और आप देखेंगे कि मोमबत्ती की लौ और तेजी से जलेगी (चित्र-10)।

(ख) *नाइट्रोजन* · ऑक्सीजन की तरह नाइट्रोजन भी एक मूलतत्व है। यह भी वर्णहीन है और इसमें भी कोई गंध नहीं होती। यह वायु से कुछ हल्की होती है। यह पानी में बहुत कठिनाई से और बहुत थोड़ी घुलती है। बहुत अधिक दाब पड़ने पर यह तरल रूप में बदल जाती है जिसका कोई रंग नहीं होता है और बर्फ के समान यह ठोस रूप में बदल जाती है। यह अपेक्षाकृत निष्क्रिय होती है और इस कारण न यह जलने में सहायता करती है और न सामान्य स्थितियों में अन्य पदार्थों में संयोजन करती है। हाँ, बहुत ऊँचे तापमान पर यह दूसरे पदार्थों से अभिक्रिया करती है। उदाहरण के लिए यह हाइड्रोजन और मैग्नीशियम जैसी धातुओं से संयोजन करती है। यद्यपि नाइट्रोजन विषैली नहीं होती किन्तु ऑक्सीजन के न रहने के कारण प्राणी मर जाते हैं। वास्तव में यह ऑक्सीजन के लिए वातावरण में तनुकारी का काम करती है। यह सस्ते बिजली के बल्बों में भरने के काम आती है और प्रयोगशाला या उद्योगों में यह अक्रिय वायुमंडल का काम देती है। औद्योगिक रूप में यह कई महत्वपूर्ण रसायन जैसे अमोनिया और नाइट्रिक एसिड जैसे महत्वपूर्ण रसायन बनाने के काम आती है।

औद्योगिक निर्माण के लिए नाइट्रोजन तो द्रव वायु से प्राप्त की जाती है, किन्तु प्रयोगशाला में यह नीचे लिखे प्रयोग के अनुसार अमोनियम क्लोराइड और सोडियम नाइट्राइड के घोल को गर्म करने से प्राप्त की जा सकती है।

**प्रयोग 9. प्रयोगशाला में नाइट्रोजन का बनाना**

सोडियम नाइट्राइड और अमोनियम क्लोराइड के सांद्र घोल तैयार कीजिए। दोनों को बराबर-बराबर आयतन में लेकर गोल तली के फ्लास्क में लेकर चित्र-12 की तरह सारे उपकरण को फिट कीजिए। फ्लास्क को हल्की आग से गर्म कीजिए और जारों में पानी के नीचे की तरफ विस्थापन की विधि से पानी के ऊपर गैस जमा कीजिए। नीचे लिखे गुणों की ओर ध्यान दीजिए :

(i) गैस में न कोई वर्ण है और न कोई गंध।

(ii) एक उद्दहन चम्मच में रखकर जलती हुई एक मोमबत्ती गैस वाले जार में पहुँचाइए। आप देखेंगे कि मोमबत्ती फौरन बुझ जाएगी।

(iii) गैस भरे एक अन्य जार में मैग्नीशियम का जलता हुआ फीता डालिए। आप देखेंगे कि गैस मैग्नीशियम से मिल कर एक सफेद पदार्थ उत्पन्न करती है, जिसे *मैग्नीशियम नाइट्राइड* कहते हैं।

(ग) *उत्कृष्ट गैसें:* ये भी मूलतत्व होते है और इनके प्रमुख गुण है, इनकी अक्रियता। ये नाइट्रोजन से अधिक अक्रिय होती है और सामान्यत रासायनिक अभिक्रियाओं मे भाग नही लेती। ये सब गैसे भी वर्णहीन और निर्गंध होती है।

इन सब गैसो में सबसे अधिक दिलचस्प हीलियम होती है। हाइड्रोजन को छोडकर यह सब गैसों मे सबसे हल्की होती है। यह वायु से लगभग सात गुनी हल्की होती है और पर्यवेक्षण के काम आने वाले गुब्बारों में भरी जाती है। इस काम के लिए इसे हाइड्रोजन से अधिकता दी जाती है क्योकि हाइड्रोजन ज्वलनशील है जबकि हीलियम नही जलती। ऑक्सीजन के साथ मिलाकर गोताखोर साँस लेने के लिए हीलियम का इस्तेमाल करते है। हीलियम बहुत नीचे तापमान पर खौलती है और इसके कारण यह बहुत नीचे तापमान उत्पन्न करने के काम आती है। अन्य उत्कृष्ट गैसे विसर्जन नलिकाओ के भरने के काम आती है और ये रंग-बिरंगे प्रकाश पैदा करती है। उदाहरण के लिए शहरो में विज्ञापन के लिए जो नियोन साईन बनते है, वे इन्ही गैसो के होते है।

## 1.6 मिश्रण

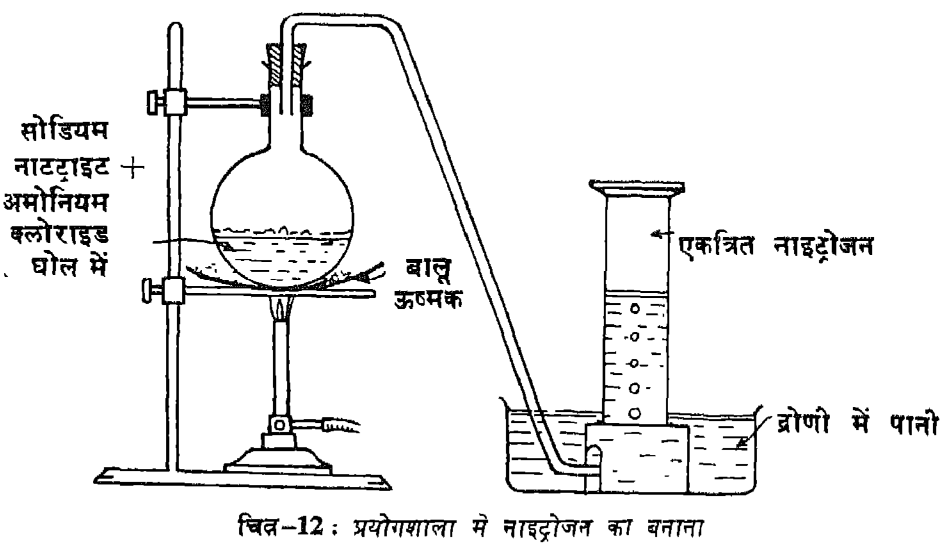
इस प्रकार हमने देखा कि वायु गैसो का मिश्रण है, जो अधिकांश मूलतत्व होती है। वायु को द्रवित करके प्रभाज वाष्पन द्वारा इन गैसो को पृथक किया जा सकता है। प्रकृति में ठोस पदार्थों और द्रवो तथा गैसो के मिश्रण बहुत मिलते है। कुछ मिश्रण बहुत जटिल और कुछ साधारण होते है। कुछ सरलतर ठोस मिश्रण ये है:

(i) लोहे की रेतन और रेत,
(ii) रेत और गंधक,
(iii) रेत और नमक,
(iv) बारूद।

इनको सरल यांत्रिक तरीको से अलग-अलग किया जा सकता है, जैसाकि नीचे वर्णन किया गया है।

**प्रयोग 10**

रेत और नमक के मिश्रण को एक बीकर में लेकर और कुछ अधिक पानी डाल कर हिलाइए।

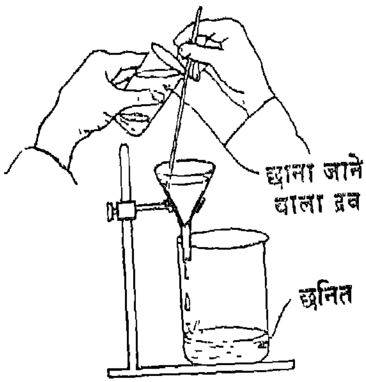



चित्र–12 : *प्रयोगशाला मे नाइट्रोजन का बनाना*

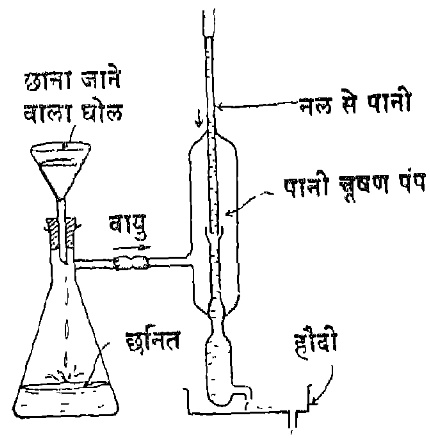
पानी को काँच की छड़ से अच्छी तरह चलाइए और चित्र 13-(क) या 13-(ख) की भाँति इसे छान लीजिए। आप देखेंगे कि रेत बीकर में या फिल्टर पेपर के ऊपर अवशेष की तरह रह जाता है और नमक के घोल के साथ निकल जाता है और छने हुए द्रव की तरह जमा हो जाता है। इस छने हुए द्रव को एक चीनी के प्याले में लेकर चित्र-14 (क) या चित्र-14 (ख) की भाँति इसका वाष्पन कीजिए। अब इसमें से नमक अवशेष रह जाएगा।

घुल कर छन जाएगा। इस छने हुए द्रव (निस्यद) को कूडी में गर्म पानी के ऊष्मक पर रख कर इसका वाष्पन कीजिए या इसमें हवा फूँक कर इसका वाष्पन कीजिए। कार्बन डाइ-सल्फाइड का वाष्पन हो जाएगा और गंधक बचा रहेगा।

*सावधानी : कार्बन डाइसल्फाइड ज्वलनशील द्रव है और इसे आग के पास नहीं ले जाना चाहिए।*




चित्र–13 (क) *सामान्य छनाई*




चित्र–13 (ख) चूषण द्वारा छनाई

**प्रयोग 11. रेत और गंधक के मिश्रण को अलग करना**

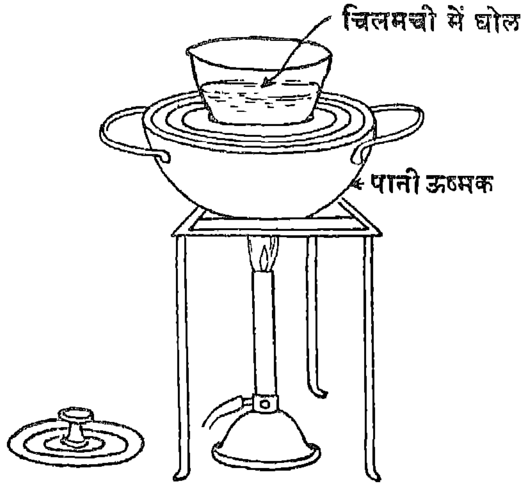
गंधक, कार्बन डाइसल्फाइड में घुल जाता है और रेत नहीं घुलता। अतः दोनों के मिश्रण को एक बीकर में लेकर कार्बन डाइसल्फाइड के साथ अच्छी तरह हिलाइए। अच्छी तरह हिलाकर जैसाकि ऊपर बताया गया है इसे छान लीजिए। आप पाएँगे कि रेत अवशिष्ट रह जाएगा और गंधक

**प्रयोग 12. लोहे की रेतन और रेत के मिश्रण को अलग करना**

लोहे के रेतनों को चुंबक आकर्षित करता है किन्तु रेत को नहीं। इस तरह दोनों को चुंबक की सहायता से अलग-अलग किया जा सकता है। एक चुंबक लेकर इसे मिश्रण की पतली-सी परत के ऊपर इधर-उधर घुमाइए। आप देखेंगे कि लोहे की रेतनें चुंबक से चिपक जाएँगी और रेत बच




चित्र 14 (क) रेत के ऊष्मक पर वाष्पन




चित्र 14 (ख) जल ऊष्मक पर वाष्पन

रहेगा । इस प्रकार चुबक पर से लोहे की रेतनों को हटा कर जमा किया जा सकता है ।

आगे चल कर मिश्रणों को अलग-अलग करने की अन्य विधियो का भी उल्लेख होगा, जहाँ कि विशेप प्रकार के मिश्रणों जैसे कि घोलों की चर्चा की जाएगी ।

## संक्षेप

जो कोई भी वस्तु स्थान घरती है और जिसमे भार है, वह द्रव्य है ।

वायु द्रव्य है ।

ऑक्सीजन और नाइट्रोजन वायु के मुख्य घटक है ।

ऑक्सीजन जलने मे सहायक है और नाइट्रोजन नहीं ।

वायु मे कार्बन डाइआक्साइड और जलवाष्प होते है ।

वायु में कुछ उपयोगी अक्रिय गैसें होती है जैसे कि हीलियम, नियोन और आरगन ।

मूलतत्व वह पदार्थ है जिसका आगे और सरल द्रव्यों में विभाजन नहीं किया जा सकता । ऑक्सीजन और नाइट्रोजन मूलतत्व है और इसी प्रकार उत्कृष्ट गैसे भी मूलतत्व है ।

मिश्रण मे एक से अधिक पदार्थ होते है जिनका निश्चित अनुपात मे रहना आवश्यक नही और इनके गुण न्यूनाधिक रूप में अलग-अलग अवयवो के जैसे होते है ।

वायु गैसों का मिश्रण है । प्रकृति में ठोस पदार्थों, द्रवो और गैसो के मिश्रण बहुत मिलते हैं ।

ठोस मिश्रण के अवयवों को सरल यान्त्रिक क्रियाओं द्वारा जैसे कि घोलने, छानने या वाष्पन द्वारा अलग-अलग किया जा सकता है ।

## दोहराने के लिए प्रश्न

1 आप कैसे दिखाएँगे कि 'वायु एक द्रव्य है' ?

2. ऐसे दो प्रयोग बताइए जिनसे यह दिखाया जा सके कि वायु कम-से-कम दो गैसो का मिश्रण है ।

3. एक ऐसा प्रयोग बताइए जिससे दिखाया जा सके कि वायु में कार्बन डाइआक्साइड होती है ।

4 आप वायु में जलवाष्प की अवस्थिति कैसे दिखाएँगे ?

5. वायु मे उत्कृष्ट (अक्रिय) गैसों की अवस्थिति कैसे दिखाई जा सकती है ? कुछ के नाम बताइए ।

6. यदि वायु में ऑक्सीजन के अलावा और कोई गैस न हो तो क्या होगा ?

7. वायु मे से ऑक्सीजन और नाइट्रोजन को पृथक करने का एक प्रयोग बताइए ।

8. क्या आप दिखा सकते हैं कि जीवन के लिए वायु अनिवार्य है ?

9. वायु के प्रमुख अवयवों या घटको के नाम बताइए ।

10. गाँव और उद्योगों वाले नगर की वायु मे क्या अंतर होता है ?

11. आप कैसे तैयार करेंगे :

(i) प्रयोगशाला मे ऑक्सीजन ?

(ii) प्रयोगशाला मे नाइट्रोजन ?

अध्याय 2

# जल

## 2.1 प्राकृतिक जल

जल हमारे लिए सबसे अधिक परिचित तथा परम अनिवार्य पदार्थों में है। पृथ्वी की लगभग तीन-चौथाई सतह पानी से ढकी है। हम इसे वर्षा, नदियों, झीलों, कुओं, चश्मों, समुद्रों और महासागरों के जल के रूप में देखते हैं। जीवन के लिए पानी का कितना महत्व है, इसका इसी बात पर निर्णय किया जा सकता है कि मनुष्य शरीर का दो-तिहाई भाग पानी का ही बना है।

पानी वर्णहीन द्रव है जो पीने और धोने के काम आता है। इनके अलावा भी इसके अन्य बहुत-से उपयोग हैं। बायलरों में पानी से भाप बनती है जिससे इंजिन चलते हैं। पानी को जमा करके बर्फ बनाई जाती है जिसका घरों को ठंडा करने में और प्रयोगशालाओं और उद्योगों में व्यापक रूप से उपयोग किया जाता है। रसायनज्ञ के लिए पानी का विशेष महत्व है क्योंकि पानी में बहुत प्रकार के पदार्थ घुल जाते हैं।

**प्रयोग 1**

एक बीकर में पानी लेकर उसमें नमक या चीनी डालिए। काँच की छड़ से इसे हिलाइए। आप देखेंगे नमक या चीनी जल्दी से घुल जाती है।

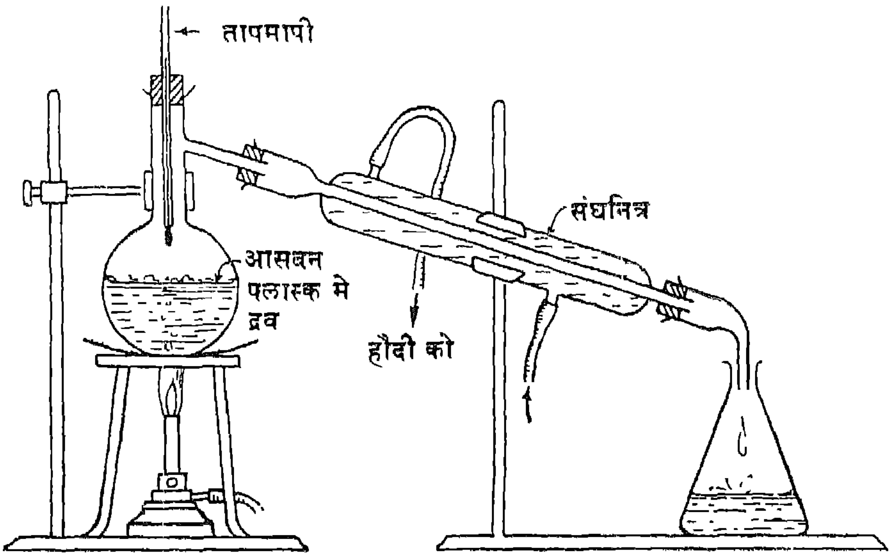
## 2.2 प्राकृतिक जल की अशुद्धताएँ

प्राकृतिक स्रोतों से जो पानी मिलता है उसमें कुछ अशुद्धताएँ घुली होती हैं और कुछ निलंबित होती हैं। इसमें रोग पैदा करने वाले जीवाणु या कीटाणु भी रहते हैं। भिन्न-भिन्न प्रकार के प्राकृतिक जल में से वर्षा का जल सबसे शुद्ध होता है। इसमें केवल ऑक्सीजन और कार्बन डाइ-ऑक्साइड जैसी गैसें घुली रहती हैं। अन्य प्रकार के प्राकृतिक जल में लवण घुले रहते हैं किन्तु कुओं, चश्मों, नदियों और झीलों के पानी में लवणों का अनुपात प्रायः बहुत थोड़ा होता है। लवणों का अनुपात समुद्र जल में बहुत अधिक, लगभग 3·5 प्रतिशत होता है। इन सबमें सबसे अधिक सामान्य याने खाने का *नमक* होता है जिसे *सोडियम क्लोराइड* कहते हैं। कभी-कभी चश्मों के पानी में घुले हुए पदार्थों की मात्रा काफी अधिक रहती है; ऐसे पानी को *खनिज जल* (मिनरल वाटर) कहा जाता है।

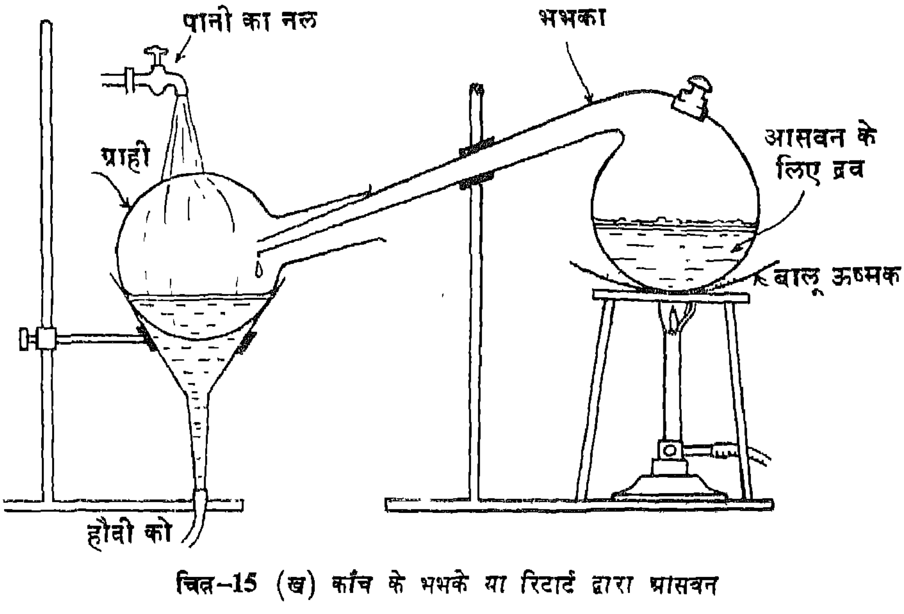
## 2.3 शुद्ध जल

वैज्ञानिक उपयोगों के लिए पानी हर प्रकार के घुले हुए पदार्थों से मुक्त होना चाहिए। ऐसा

पानी आसवन द्वारा प्राप्त होता है। आसवन का उपयुक्त उपकरण चित्र-15(क) और 15(ख) में दिखाया गया है।




चित्र–15 (क) *आसवन पलास्क द्वारा आसवन*




**चित्र–15 (ख) काँच के** *भभके या रिटार्ट द्वारा आसवन*

प्रयोग 2.

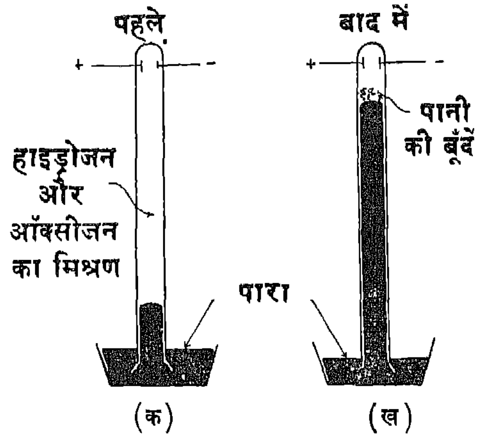
एक श्रासवन फ्लास्क मे थोडा-सा पानी लीजिए श्रौर जिस ढग से चित्र-15 (क) मे दिखाया गया है एक संघनित्र के जरिए इसे श्रभिग्राही से जोड़ दीजिए। नल का ठडा पानी संघनित्र में होकर बहने दीजिए श्रौर फ्लास्क को गर्म कीजिए। श्राप देखेगे कि फ्लास्क का पानी भाप बन जाता है श्रौर संघनित होकर शुद्ध पानी के रूप में श्रभिग्राही में जमा होता जाता है। पानी में जो ठोस श्रशुद्धताएँ घुली है वे श्रासवन फ्लास्क में ही रह जाएँगी। श्रासवित पानी में थोडी-सी कार्बन डाइ-श्राक्साइड गैस हवा में से घुली रह सकती है।

## 2 4 पानी एक यौगिक है

वायु की तरह बहुत लंबे समय तक पानी को भी एक तरल पदार्थ समझा जाता रहा श्रौर श्रठारहवीं शताब्दी के श्रंतिम चरण तक यही विचार व्याप्त रहा। सन 1781–84 के वर्षों में प्रीस्टले केवेन्डिश श्रौर लाभोजियर ने यह देखा कि हाइड्रोजन श्रौर श्रॉक्सीजन के संयोजन संबंधी उनके प्रयोगो में पानी भी उत्पन्न हो जाता है। बाद में यह पाया गया कि विद्युत द्वारा पानी को हाइड्रोजन श्रौर श्रॉक्सीजन गैसों में श्रपघटित किया जा सकता है। इन प्रयोगो से यह पता चला कि पानी मूलतत्त्व नहीं है किन्तु यह मिश्रण भी नहीं है क्योकि इसके श्रवयवों को सरल रीति से श्रलग-श्रलग नही किया जा सकता जैसा कि मिश्रणों को किया जा सकता है। पानी को इसके श्रवयवो के रूप में श्रपघटित करने के लिए जटिल विधियों का सहारा लेना पडता हैं। इसके श्रतिरिक्त भार के श्रनुसार ये श्रवयव एक निश्चित श्रनुपात में ही सयोजित होते है। एक ग्राम हाइड्रोजन श्राठ ग्राम श्रॉक्सीजन से मिलकर नौ ग्राम पानी बनाती है।

**प्रयोग 3 पानी उत्पन्न करने के लिए हाइड्रोजन श्रौर श्रॉक्सीजन का संयोजन**

जैसा कि चित्र-16 में दिखाया गया है एक द्रोणी मे पारे के ऊपर एक गैस श्रायतनमापी नली मे मापित श्रायतन में हाइड्रोजन श्रौर श्रॉक्सीजन लीजिए। श्रॉक्सीजन गैस काफी श्रधिक मात्रा मे लीजिए। काँच की नलकी में प्लेटिनम के तार पहुँचा कर चिनगारी पैदा करके दोनो गैसो के मिश्रण मे विस्फोट कीजिए। विस्फोट के बाद

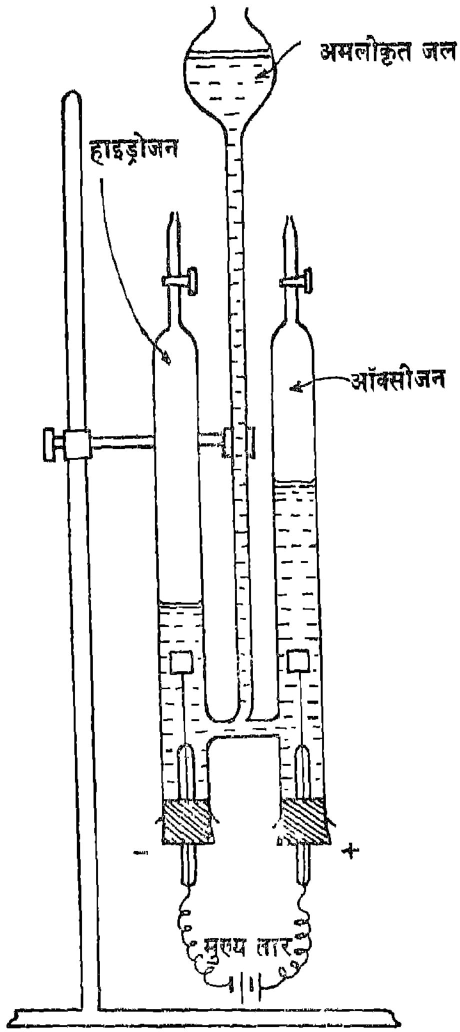



**चित्र-16.** *श्रॉक्सीजन श्रौर हाइड्रोजन के विस्फोट द्वारा भाप श्रौर पानी उत्पन्न करना। (क) पहले (ख) बाद मे।*

नलकी को ठंडा कीजिए। जो फाजिल गैस बच रही है, द्रोणी में श्रौर श्रधिक पारा डालकर दाब को समायोजित करके, फाजिल गैस के श्रायतन को नोट कीजिए। श्राप देखेंगे कि दो हिस्से हाइड्रोजन एक हिस्से श्रॉक्सीजन के साथ मिलती है, जिससे पानी उत्पन्न होता है श्रौर जो नलकी में पारे के तल के ऊपर संघनित हो जाएगा।

**प्रयोग 4. बिजली के प्रवाह द्वारा पानी का अपघटन**

जैसा कि चित्र-17 मे दिखाया गया है ऐसे पानी मे से विद्युत प्रवाह गुजारिए जिसमें थोडा-सा अम्ल (एसिड) मिला हो। यह काम वोल्टा-मीटर मे होना चाहिए। आप देखेंगे कि वोल्टामीटर की दोनो भुजाओं मे दो गैसे अलग-अलग




**चित्र-17.** *विद्युत धारा द्वारा पानी का अवघटन*

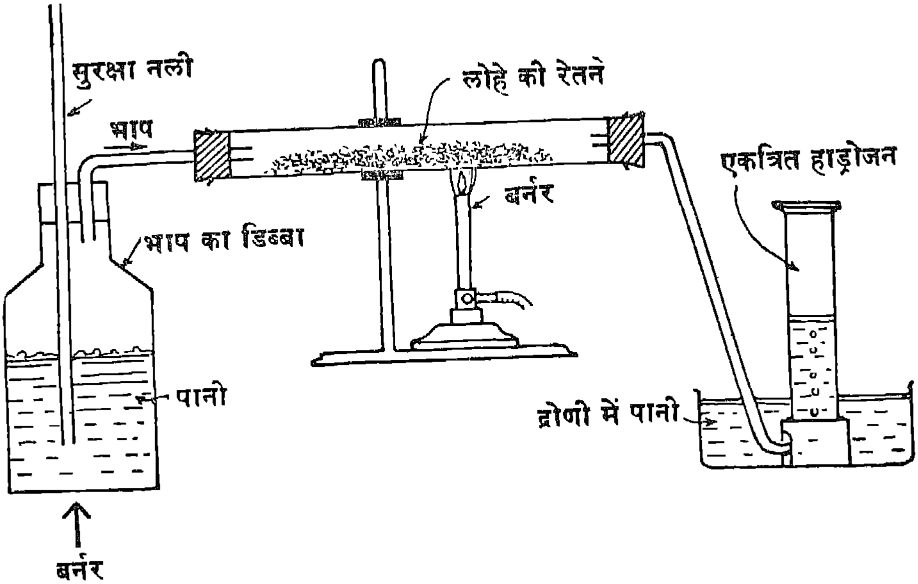
एकत्र हो जाती है और आप पाएँगे कि दोनो के आयतन का अनुपात हमेशा ही 1:2 रहता है । आप यह भी देखेगे कि उस गैस मे जिसका आयतन एक भाग है, दीप्त लकडी डालने से गैस उसे और जलाएगी, जिससे यह स्पष्ट हो जाता है कि यह गैस ऑक्सीजन है। इसके विपरीत जो गैस दुगुने आयतन मे है वह तब जलती है जब उसे जलाया जाता है और इस प्रकार यह हाइड्रोजन ही है। इससे यह प्रकट होता है कि पानी, ऑक्सीजन और हाइड्रोजन का रासायनिक यौगिक है और ये दोनों गैसें, आयतन के अनुसार 1.2 के अनुपात मे सयोजित है।

**प्रयोग 5. लोहे की गर्म रेतनों द्वारा पानी का अपघटन**

जिस प्रकार चित्र-**18** मे दिखाया गया है, उस प्रकार उपकरण को जमाइए। बड़े डिब्बे में पानी के गर्म होने से जो भाप उत्पन्न होगी उसे गर्म रेतनो के ऊपर से गुजारिए और इस प्रकार जो गैस निकले उसे पानी की द्रोणी मे उल्टाए हुए काँच के जार में जमा कीजिए। आप देखेंगे कि यह हाइड्रोजन की भाँति व्यवहार करती है। लोहे के ऑक्सीजन से मिलने से एक यौगिक बनता है। भाप मे से निकली हुई ऑक्सीजन लोहे के साथ मिलकर मैग्नेटिक ऑक्साइड नाम का यौगिक बनाती है। इस प्रयोग मे भाप मे से लोहे द्वारा ऑक्सीजन निकाल ली जाती है और हाइड्रोजन बच रहती है।

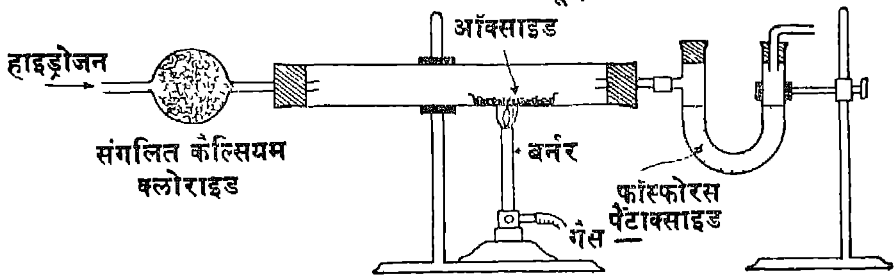
**प्रयोग 6. भार के अनुसार पानी का सघटन**

चित्र-19 की तरह उपकरण को जमाइए। ठीक एक ग्राम शुद्ध काला कॉपर ऑक्साइड (क्यूप्रिक ऑक्साइड) एक चीनी की नाव जैसी प्याली मे लेकर उसे दहननली में रखिए। इसे गर्म कीजिए और साथ मे इसके ऊपर से शुद्ध और




चित्र-18. *गर्म लोहे की रेतनों द्वारा पानी का अपघटन*

सूखी हाइड्रोजन की धारा गुजारिए। ऐसा करने पर क्यूप्रिक ऑक्साइड अपनी ऑक्सीजन छोड देगा जो हाइड्रोजन से मिलकर पानी बन जाएगी और तुली हुई U की शक्ल की नलकी में फॉस्फोरस पैंटाऑक्साइड या सलीन कैलसियम क्लोराइट इस पानी को सोख लेगा। जब क्यूप्रिक ऑक्साइड अधिकाश ताँबा (कॉपर) मे बदल जाए तो प्याली को तौलिए। आप देखेगे कि अब भार में जो कमी हुई है वह उसी ऑक्सीजन के भार के कारण हुई है जो हाइड्रोजन से मिल चुकी है। प्रयोग के बाद U-नली को तौल लीजिए। इसके भार मे जो वृद्धि हुई है वह उत्पन्न हुए पानी के भार के बराबर है। पानी और ऑक्सीजन के भारो का जो अतर है उससे हाइड्रोजन के भार का पता चल जाएगा जो ऑक्सीजन से मिली है।




चित्र-19. *भार के अनुसार पानी का संघटन*

प्रेक्षण और परिकलन :

| | |
|---|---|
| प्याली का भार+ऑक्साइड (प्रयोग से पहले) | ···6 45 ग्राम |
| प्याली का भार+अवशेष (प्रयोग के पश्चात) | ···6 05 ग्राम |
| ऑक्सीजन का भार | ···6·45=6·05 |
| | ··· 0·40 ग्राम |
| U-नली का भार (प्रयोग से पहले) | ···20 56 ग्राम |
| U-नली का भार (प्रयोग के पश्चात) | ···21·01 ग्राम |
| उत्पन्न हुए जल का भार | ···0 45 ग्राम |
| और संयुक्त हाइड्रोजन का भार | ···0·45 – 0·40 =0 05 ग्राम |

0·45 ग्राम पानी में 0·40 ग्राम ऑक्सीजन और 0·05 ग्राम हाइड्रोजन रहती है या कि 9 ग्राम पानी में 8 ग्राम ऑक्सीजन और एक ग्राम हाइड्रोजन रहती है।

अंत में यह भी जान लेना चाहिए कि पानी के गुण हाइड्रोजन और ऑक्सीजन दोनों से बिल्कुल भिन्न होते है और यह दोनों ही मूलतत्व हैं। इस प्रकार पानी एक विशेष प्रकार का *यौगिक* है। यौगिक उस पदार्थ को कहते है जिसमें निम्नलिखित लक्षण मिलते है।

(i) यह सभागी होता है।

(ii) इसके अवयव निश्चित समानुपात मे ही संयुक्त होते हैं।

(iii) इसके अवयव आसानी से अलग नहीं किए जा सकते।

(iv) इसके गुण अपने अवयवो के गुणो से भिन्न होते है।

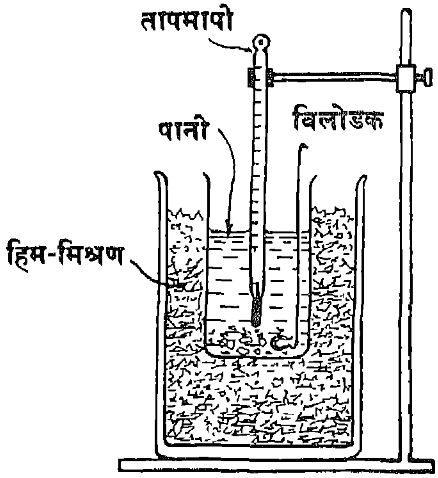
## 2.5 पानी के गुण

शुद्ध पानी रगहीन पारदर्शी द्रव है जिसमे कोई स्वाद या गध नही होती। पानी की मोटी परते हरियाली लिए हुए हल्के नीले रग की दिखाई पड़ती हैं। *पानी का हिमांक* स्थिर होता है और यह एक वायुमडल मे 0 डिग्री सेटीग्रेड माना जाता है। एक वायुमंडल दाब मे पानी का खौलने का बिंदु क्वथनाक 100 डिग्री सेटीग्रेड है। एक घन सेंटीमीटर पानी का द्रव्यमान 4 डिग्री सैंटीग्रेट के तापमान पर एक ग्राम होता है और उसे घनत्व भी कहते है। ऊष्मा की इकाई एक कैलॉरी होती है और इससे 1 ग्राम पानी का तापमान 1 डिग्री सेंटीग्रेड बढ जाता है। इस प्रकार हमने देखा कि द्रव्यमान और ऊष्मा के मापने के लिए जल के गुणों के कारण मानक स्थापित हो गए है।

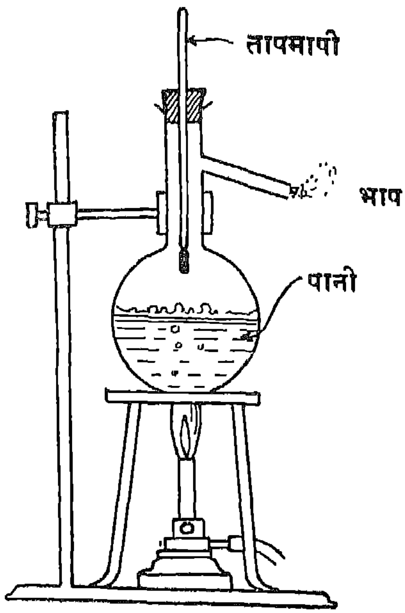
यहाँ द्रवो के एक सामान्य गुण पर जोर दिया जा सकता है। हर शुद्ध द्रव के जमने का और खौलने का एक निश्चित बिंदु होता है और हर द्रव का एक निश्चित घनत्व होता है।

**प्रयोग 7. पानी के हिमांक का पता लगाना**

एक बीकर लेकर उसे पानी से आधा भर लीजिए। जैसाकि चित्र-20 मे दिखाया गया है, पानी मे थोडा डूबता हुआ एक तापमापी लगाइए और जो ताप हो उसे नोट कर लीजिए। अब बीकर को नमक और बर्फ के मिश्रण मे एक दूसरे बर्तन मे दाब दीजिए और पानी को हिलाते रहिए। आप देखेंगे कि जब तक पानी जमने नही लगता तब तक तापमान बराबर गिरता जा रहा है। अब इस तापमान को भी नोट कर लीजिए। यही 0 डिग्री सेंटीग्रेड या पानी के जमने का बिंदु या हिमांक है।




चित्र-20. *पानी के हिमांक का पता लगाना*




चित्र-21 *पानी के क्वथनांक का पता लगाना*

**प्रयोग 8 पानी के क्वथनांक का पता लगाना**

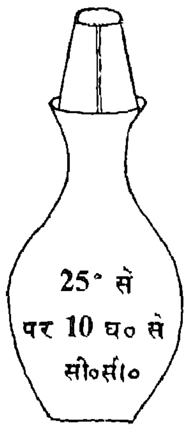
थोड़ा-सा पानी और कुछ झाबा पत्थर लेकर फ्लास्क को इस ढंग से बंद कीजिए कि इसकी डाट में से एक थर्मामीटर लगाया गया हो। चित्र-21 की तरह फ्लास्क को जमा कर रखिए। जब तक कि पानी खौलने न लगे तब तक उसे गर्म करते जाइए। उस समय का तापमान नोट कर लीजिए जब यह पानी में डूबा हुआ हो और तब का भी जबकि यह पानी के ऊपर हो और पानी खौल रहा हो। यह तापमान 100 डिग्री सेंटीग्रेड होता है और यह पानी खौलने का बिंदु है। यदि फ्लास्क में शुद्ध पानी नहीं लिया गया है तो तापमापी को खौलते पानी में डुबाना नहीं चाहिए क्योंकि तब यह और ऊँचा तापमान भी अभिलेख कर सकता है।

**प्रयोग 9. पानी के घनत्व का पता लगाना**

एक ऐसी घनत्व बोतल लीजिए जिस पर 10 घन सेंटीमीटर पर निशान लगा हो और इस बोतल को तौल लीजिए। जहाँ तक निशान लगा है वहाँ तक इसमें शुद्ध पानी भरिए। अब इसे बाहर से साफ करके तौल लीजिए। अब निम्न प्रकार से भारों का तौल कर लीजिए और इस क्रम से भार लिखते जाइए :

| | | |
|---|---|---|
| खाली बोतल का भार | ··· | 30 ग्राम |
| बोतल का भार+पानी | ··· | 40 ग्राम |
| पानी का भार | ··· | 40—30 = 10 ग्राम |
| बोतल का आयतन | ··· | 10 घन सेंटीमीटर |
| प्रति घन सेंटीमीटर पानी का द्रव्यमान | ··· | 10/10 = 1 ग्राम |

बस यही पानी का घनत्व है।




**चित्र-22.** *पानी के घनत्व का पता लगाना*

ऊष्मा के लिए पानी आश्चर्यजनक रूप से स्थिर रहता है। यह 1000 डिग्री सेंटीग्रेड के ऊपर जाकर ही अपघटित होने लगता है। यदि पानी शुद्ध होगा तो उसमे साबुन के झाग खूब उठेगें। ऐसे पानी को *कोमल* कहते है। जिस पानी मे कुछ और पदार्थ घुले हो, उस अशुद्ध पानी को *कठोर* कहते हैं। कठोर पानी में साबुन के झाग नहीं उठेगें। वहुत अधिक मात्रा में साबुन घुलने और अत्यधिक मात्रा में रहने और काफी हिलाए जाने से ही साबुन के झाग पैदा होते है। पानी मे जो कठोरता होती है वह कैल्सियम और मैग्नीशियम के लवणों के रहने के कारण ही होती है। विशेष विधियो द्वारा पानी की कठोरता को दूर किया जा सकता है। इन विधियों के बारे मे पुस्तक के दूसरे भाग में विचार किया गया है।

## 2.6 हाइड्रोजन गैस

सत्रहवी शताब्दी मे वान हैलमोंट ने पहली बार हाइड्रोजन गैस इकट्ठी की, किन्तु बहुत आगे चलकर हेनरी केवेन्डिश ने सन 1766 में हाइड्रोजन गैस के बारे मे अध्ययन किया। दोनो ने जस्त, लोहे और राँगे जैसी धातुओं पर तनु गधक के तेजाब या *हाइड्रोक्लोरिक* एसिड की अभिक्रिया द्वारा ही हाइड्रोजन गैस तैयार की। आज भी प्रयोगशाला मे सामान्यत: इसी विधि से हाइड्रोजन तैयार होती है।

**प्रयोग 10. प्रयोगशाला मे हाइड्रोजन बनाना**

एक वुल्फ बोतल लेकर इसे चित्र-23 की तरह फिट कीजिए। इसके एक मुह मे थिसिल-कीप लगाइए और दूसरे मुह में एक निकास नलकी लगाकर उसे पानी की द्रोणी मे डुबा दीजिए। वुल्फ बोतल मे जस्त के कुछ रवे रखिए। थिसिल-कीप में से इतना ही पानी छोडिए जिससे जस्त के टुकडे ढक जाएँ और थिसिल-कीप का सिरा डूब जाए। अब थिसिल-कीप मे सान्द्रित गधक के तेजाब को छोडिए। आप देखेगे कि बोतल मे बुदबुदाहट होगी जो गैस बनने के कारण है। हवा को निकल जाने दीजिए और फिर जैसा कि चित्र-23 मे दिखाया गया है पानी के विस्थापन द्वारा जारो में गैस इकट्ठी कीजिए।

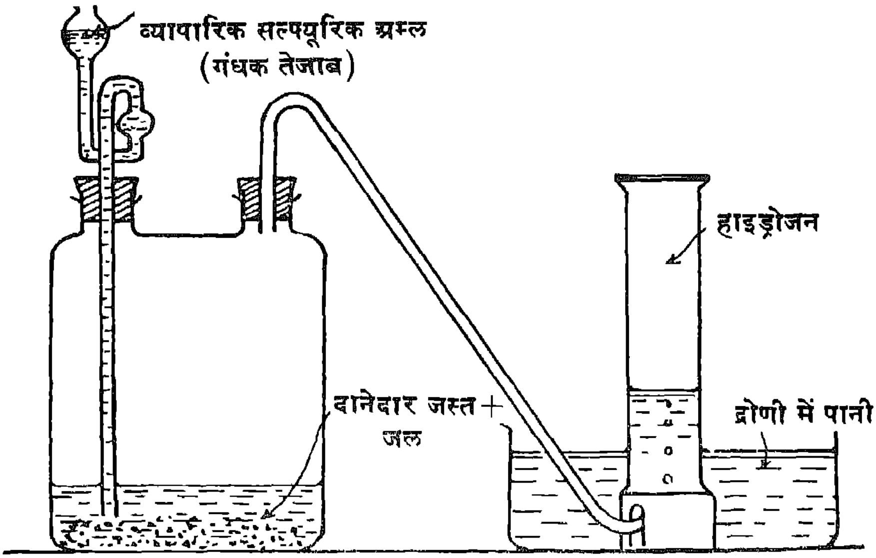
*सावधानी :* हाइड्रोजन के हवा से मिलने से विस्फोटक मिश्रण बनता है।

इसलिए जारो मे हाइड्रोजन गैस जमा करने से पहले परखनली में गैस की परीक्षा कर लीजिए। यदि गैस शुद्ध होगी तो शाति से जलेगी और यदि इसके साथ वायु घुली-मिली होगी तो विस्फोट होगा।

हाइड्रोजन के निम्नलिखित गुणो को नोट कीजिए :

(i) यह गधहीन और रंगहीन गैस है।

(ii) इसका घनत्व अर्थात प्रति लिटर सघति 0·09




चित्र-23. *प्रयोगशाला मे हाइड्रोजन का बनाना*

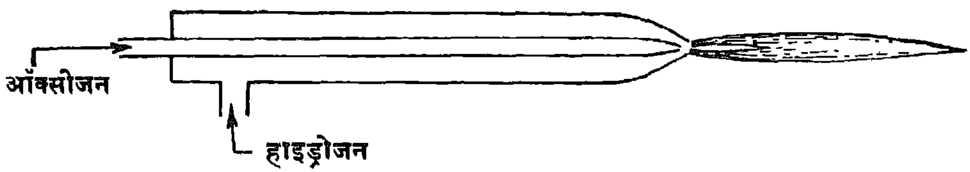
ग्राम है। यह सबसे हल्की गैस होती है और इसी कारण इसे गुब्बारो मे भरा जाता है।

(iii) यह पानी में बहुत कम घुलती है किन्तु निकल, पैलेडियम और प्लेटिनम जैसी धातुएँ इसकी काफी मात्रा को सोख लेती हैं।

(iv) यह बहुत ही ज्वलनशील है। इसी कारण प्रकृति मे यह शुद्ध रूप मे नही पाई जाती।

(v) यह बिजली की चिनगारी या किसी ज्योति के ज्वलन से ऑक्सीजन से संयोजन करती है और इसमे जोर का धमाका होता है। जब इसे बहुत-सी ऑक्सीजन की उपस्थिति में सावधानी से एक विशेष बर्नर मे जलाया जाता है, जैसा कि चित्र-24 में दिखाया गया है तो इससे बहुत ऊष्म ज्वाला उत्पन्न होती है जिसे आक्सीहाइड्रोजन फ्लैम कहते हैं जो झालने और धातुओ के पिघलाने के काम आती है।

(vi) हाइड्रोजन गैस धातुओं के ऑक्साइडों में से ऑक्सीजन को अलग कर देती है और उन्हे शुद्ध धातु के रूप मे छोड़ती है। इस प्रकार यह अपचायक है।




चित्र-24. *झालने के काम आने वाली ऑक्सीहाइड्रोजन ज्वाला (फ्लेम) का उत्पादन*

## संक्षेप

पानी एक रासायनिक यौगिक है जो हाइड्रोजन और ऑक्सीजन गैसो से बनता है और यह दोनो गैसे स्वत. मूलतत्व हैं। रासायनिक यौगिक की परिभाषा यह है कि यह दो या अधिक तत्वो के संयोजन से बना हुआ एक संभागी पदार्थ है, जिसमे सब तत्व एक निश्चित अनुपात में संयुक्त होते हैं और इसके गुण अपने अवयवों के गुणो से भिन्न होते है।

पानी मे बहुत-से पदार्थ घुल जाते हैं और इसलिए इसमें घोलने की महान शक्ति है।

शुद्ध पानी मे साबुन के झाग बहुत जल्दी उठ आते है और ऐसे पानी को *कोमल पानी* कहते है। कठोर पानी में साबुन के झाग बहुत जल्दी नही उठते बल्कि एक गाढा-सा अवक्षेप बन जाता है।

*प्राकृतिक पानी अशुद्ध* होता है और शुद्ध करके इसे पीने योग्य बनाया जाता है ।

## दोहराने के लिए प्रश्न

1 आप क्यो कहते हैं कि पानी एक द्रव है ?

2. यह सिद्ध करने के लिए कि पानी ऑक्सीजन और हाइड्रोजन का यौगिक है, एक प्रयोग बताइए ?

3. यह बताइए कि प्रयोगशाला में हाइड्रोजन और ऑक्सीजन कैसे बनाते है ?

4. इस कथन का क्या अर्थ है :
   (क) ऑक्सीजन जलने में सहायक होती है।
   (ख) हाइड्रोजन ज्वलनशील है।

5. ऐसा होने पर कौन-सी चीजें बनती है :
   (क) हाइड्रोजन के वायु या ऑक्सीजन मे जलने पर।
   (ख) ऑक्सीजन में मैग्नीशियम के फीते के जलने पर ।
   (ग) लोहे की गर्म रेतनों के ऊपर से भाप के गुजरने पर।
   (घ) गर्म कॉपर ऑक्साइड के ऊपर से हाइड्रोजन के गुजरने पर।

6. क्या यह कहना ठीक है कि जीवन के लिए पानी अनिवार्य है ?

7. बिजली की धारा द्वारा पानी के अपघटन के लिए उसमे थोड़ा-सा तेजाब क्यो डालते है।

8. प्राकृतिक पानी क्या है ? उन अशुद्धताओं का नाम लीजिए जो सामान्यतः प्राकृतिक पानी में होती हैं।

9. किस पानी को आप कठोर और किसको कोमल कहेंगे ?

10. आप कैसे सिद्ध करेंगे कि पानी कठोर है ?

11. पीने के लिए प्राकृतिक पानी को शुद्ध करना हमारे लिए क्यों आवश्यक है ?

अध्याय 3

# कार्बन, सल्फर और फॉस्फोरस

## 3.1 कार्बन

पत्थर के कोयले और लकड़ी से हर एक परिचित होता है जोकि जलाने के लिए ईंधन के काम आते है। पत्थर का कोयला खानो से निकलता है और लकड़ी जंगलो से मिलती है। जब इन्हे वायु रहित भभके (रिटार्ट) में गर्म किया जाता है तो दोनों अपघटित हो जाते है। पत्थर के कोयले के इस प्रकार जलने से कोक बनता है और लकड़ी के जलने से *लकड़ी का कोयला* बनता है। कोक और लकडी के कोयले में अधिकाश *कार्बन* होती है।

जब तेल अपूर्ण रूप से जलता है तो इससे महीन कालिख बनती है, जिसे *काजल* या *कार्बन-ब्लैक* कहते है । यह प्राय: शुद्ध कार्बन होती है। कोक, लकड़ी का कोयला और काजल कार्बन के *रवाहीन* रूप है और तीनों भिन्न-भिन्न काम आते है। लकड़ी का कोयला ईंधन के और धातुओ के शोधने के काम आता है। बारूद बनाने मे भी इस कोयले का इस्तेमाल होता है, गैसो और वाष्प सोखने मे भी इसका प्रयोग होता है।

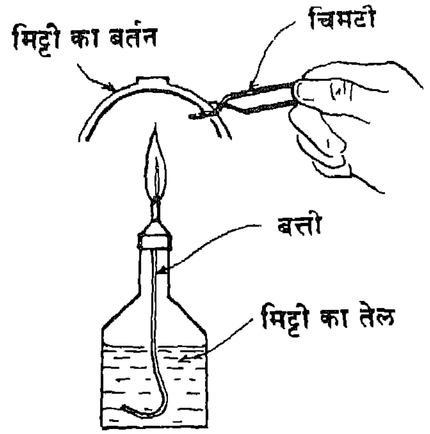
**प्रयोग 1.**

लोहे की डिब्बी में मिट्टी का तेल लीजिए और उसमे रुई की बत्ती लगाइए। लैप को जलाकर इसकी लौ के ऊपर चित्र-25 की तरह कोई मिट्टी का बर्तन या शीशे की तश्तरी रखिए। आप देखेंगे कि बर्तन के भीतर की ओर या कॉच की प्लेट पर बारीक-बारीक कालिख जम जाएगी। इसी को काजल कहते हैं।

कई धातुओं को उनके प्राकृतिक स्वरूप अर्थात खनिज रूप में से शोधने के लिए कोक का इस्तेमाल किया जाता है। काजल पेंट बनाने मे वर्णक की भाँति इस्तेमाल होता है। देसी स्याही और छपाई के काम आने वाली स्याहियो मे भी वर्णक के रूप में काजल काम आता है। रबड़ उद्योग में भी यह काम मे लाया जाता है।

प्रकृति मे कार्बन रवे (क्रिस्टल) के रूप मे भी मिलती है। इसके दो रूप *हीरा* और *ग्रेफाइट* है जो देखने में एक-दूसरे से बहुत भिन्न होते है। शुद्ध हीरा रगहीन होता है और यह चमकता भी है जबकि ग्रेफाइट गहरे धूसर रग का होता है। किन्तु दोनों एक ही मूलतत्व कार्बन के बने होते है और जब दोनों ऑक्सीजन की उपस्थिति में जलते है तो दोनों से ही कार्बन डाइआक्साइड निकलती है। इसके अलावा यह और अधिक सरल पदार्थों मे अपघटित नहीं हो सकते। अत: कार्बन एक

मूलतत्व है और यह रवेदार तथा बिना रवे के रूपो मे पाई जाती है। इसके भिन्न-भिन्न रूपो के भौतिक गुण तो भिन्न-भिन्न होते है किन्तु रासायनिक गुण एक से होते हैं। किसी तत्व के दो या अधिक रूपो में पाए जाने की क्षमता को *अपरूपता*




चित्र-25. *तेल की डिब्बी की लौ के ऊपर मिट्टी के बर्तन पर कालिख का जमना*

(ऐलाट्रापी) कहते है, और भिन्न-भिन्न रूपो को *अपररूपी रूपातरण* कहते हैं। सब रूपों के ऑक्सीजन मे जलने पर केवल कार्बन डाइआक्साइड ही बनती है; 12 ग्राम भार की किसी रूप की कार्बन के जलने से वही (44 ग्राम) कार्बन डाइआक्साइड मिलेगी।

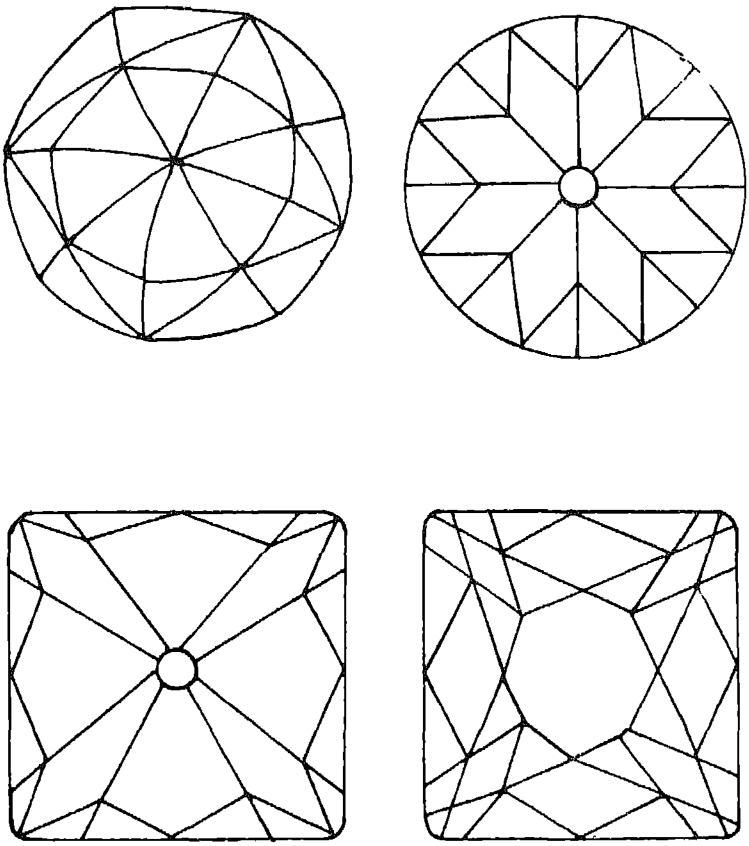
## 3.2 हीरे

यद्यपि हीरे प्रकृति मे मिलते अवश्य है किन्तु वे दुर्लभ है और इसी कारण बहुत मूल्यवान होते है। यह छोटे-छोटे रवो के रूप में या तो चट्टानो मे मिलते हैं या नदियो और चश्मो की तलहटियो में। इनका भार और आकार भी काफी भिन्न होता है। अब तक प्राप्त सबसे भारी प्राकृतिक हीरे का भार 620 ग्राम है। दक्षिणी अफ्रीका और कांगों में हीरे की बडी-बडी खाने है। रूस में ऊरल पर्वतो में, आस्ट्रेलिया और मध्य भारत में भी हीरे मिलते है।

प्राकृतिक हीरों को अभीष्ट शक्ल मे काटा और पालिश किया जाता है, इससे अधिक-से-अधिक चमक आती है और प्रकाश का परावर्तन होता है। हीरो को तराश कर आभूषणो में भी जडा जाता है। हालैंड में एम्सटर्डम नामक नगर मे हीरों का बहुत बडा उद्योग है। बहुत सफाई से कटे हुए और पूर्णत· पारदर्शक हीरों को अग्रेजी में 'ब्रिलिएंट्स' कहते है। चित्र-26 मे कुछ नमूने दिखाए गए है। ये हीरे बहुत मँहगे होते है।

कभी कभी हीरे अशुद्धताओ के कारण रंगीन भी होते है। ये नीले, हरे, लाल, गुलाबी या पीले रंग के होते हैं। धातुओ के लेशमात्र से हीरे मे रंग आ जाता है। बिल्कुल काले रग के भी हीरे होते हैं। इन्हें कार्बोनेडो कहते है और ये सस्ते होते है। हीरे क्योकि सबसे अधिक कठोर पदार्थ है, इस कारण यह अन्य सख्त चीजों को काटने के काम में लाया जाता है। हीरे से काँच को काटा जाता है और शैलों मे भी इसी से छेद किया जाता है। आजकल जितना हीरा निकाला जाता है उसमें से 80 प्रतिशत इस काम आता है। कुछ किस्म के हीरे सश्लिष्ट रूप मे भी बनते हैं।

हीरा कार्बन का सघनतम रूप है। इसका अपेक्षित घनत्व 3·5 है। ऊष्मा और विद्युत के लिए यह अचालक है। जब इसे वायु की अनुपस्थिति में बहुत गर्म किया जाता है तो यह ग्रेफाइट का रूप ले लेता है। जब हीरे को ऑक्सीजन की उपस्थिति में खूब गर्म किया जाता है तो यह जल जाता है और इससे कार्बन डाइआक्साइड निकलती है।



चित्र-26. *ब्रिलिएंट्स*

## 3.3 ग्रेफाइट

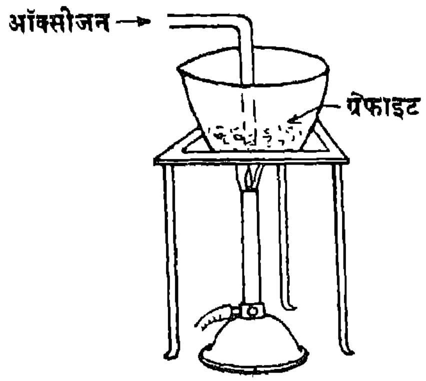
ग्रेफाइट मैक्सिको, कनाडा, मेडागास्कर, कैलिफोर्निया, भारत और लंका की खानों में प्रकृत रूप में मिलता है। यह गहरे धूसर से रंग का पदार्थ है और इसमें कुछ चमक भी होती है। इसका विशिष्ट घनत्व 2 2 है। यह अपारदर्शक होता है और छूने मे साबुन जैसा लगता है। कागज पर इससे लकीर खीचने पर इसके सूक्ष्म रवे (क्रिस्टिल) कागज पर रह जाते हैं। शीशे की कही जाने वाली पेंसिलें वास्तव में ग्रेफाइट से ही बनती है। ग्रेफाइट वायु मे नही जलता किन्तु शुद्ध ऑक्सीजन में जल जाता है।

**प्रयोग 2.**

लोहे के क्रुसिबल या घडिया मे थोडा-सा ग्रेफाइट लीजिए और इसे हवा में खूब गर्म कीजिए। आप देखेंगे कि बहुत गर्म करने पर भी ग्रेफाइट नहीं जलेगा। अब ग्रेफाइट वाले क्रुसिबल को चित्र-27 की तरह इस ढग से गर्म कीजिए कि इसमें ऑक्सी-

जन की धारा बहती रहे। आप देखेंगे कि ग्रेफाइट ऑक्सीजन में जल जाएगा।

ग्रेफाइट हीरे से इस बात मे भिन्न है कि यह विद्युत का चालक भी होता है, भले ही मंद चालक हो। इसी कारण कभी-कभी इससे इलैक्ट्रोड्स भी बनाए जाते हैं। बारीक मिट्टी के साथ मिलाकर इससे क्रुसिबल बनाए जाते हैं जो बहुत ऊँचा तापमान सह सकते हैं। तेल के साथ ग्रेफाइट मिलाकर स्नेहक बनाए जाते है। स्नेहक वह पदार्थ होता है जो मशीनो की रगड दूर करके उन्हें चिकना करने के काम आता है। बहुत उच्च कोटि का ग्रेफाइट हाल मे ही परमाणु-भट्टियो में काम आने लगा है। कोक से भी कृत्रिम रूप से ग्रेफाइट तैयार किया जाता है और यह ग्रेफाइट प्राकृतिक ग्रेफाइट से बहुत अधिक शुद्ध और समाग होता है।




**चित्र-27.** *ग्रेफाइट ऑक्सीजन में जलता है, वायु में नहीं।*

हीरे और ग्रेफाइट की रासायनिक प्रतिक्रियाएँ एक जैसी होती हैं। दोनों ही अम्ल और क्षार के प्रति स्थायी होते हैं और जलने पर दोनो से कार्बन डाइआक्साइड बनती है, जो अम्लीय होती है।

कार्बन अधातु है। लोहे, ताँबे और सोने जैसे धातुओं की तुलना में यह हल्की होती है। यह विद्युत और ऊष्मा की चालक नहीं होती। ग्रेफाइट मंद चालक होता है और हीरा अचालक।

## 3.4 कार्बन डाइआक्साइड

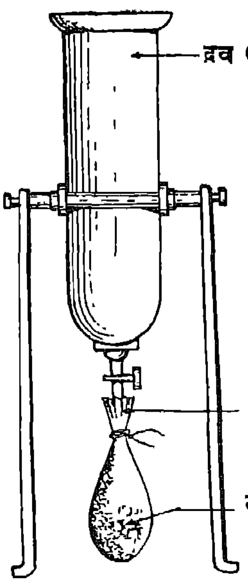
किसी भी रूप में कार्बन के जलने से कार्बन डाइआक्साइड उत्पन्न होती है। जैसाकि पहले बताया जा चुका है कुछ सीमा तक यह वायु मे रहती है। कार्बनिक पदार्थों के जलने और अपघटित होने तथा प्राणियो के साँस लेने के कारण वायु में कार्बन डाइआक्साइड रहती है।

कार्बन डाइआक्साइड रंगहीन गैस है और इसमे कोई गंध भी नही होती। वायु से यह 1·5 गुना भारी होती है। सामान्य परिस्थितियो मे 1 लिटर कार्बन डाइआक्साइड का भार 1·98 ग्राम होता है। वह पानी मे काफी घुल जाती है और दबाव पड़ने पर और अधिक घुल जाती है। इसका जलीय विलय या घोल *कार्बनिक एसिड* कहलाता है। यह स्वाद में तीखा होता है और सोडा-वाटर की तरह इस्तेमाल किया जाता है। इससे नीला लिटमस लाल हो जाता है। कार्बन डाइआक्साइड गैस को दबाव के अधीन और सामान्य तापमान पर तरल रूप मे बदला जा सकता है। द्रव कार्बन डाइआक्साइड इस्पात के सिलिंडरो में भर कर रखी जाती है। ठोस कार्बन डाइआक्साइड भी होती है और इसे *सूखी बर्फ* (ड्राई आईस) कहते हैं।

**प्रयोग-3 कार्बन डाइआक्साइड-हिम या सूखी बर्फ कैसे बनाएँ**

जैसाकि चित्र-28 मे दिखाया गया है तरल कार्बन डाइआक्साइड से इस्पात के सिलिंडर को दाब के अधीन उल्टा कर दीजिए। निकासी वाल्व के ऊपर एक छोटा-सा ऊन का काला थैला बाँध दीजिए। वाल्व को कुछ सेकंड के लिए खोलिए ताकि द्रव थैले मे तेजी से बह कर आने लगे। आप देखेंगे कि थैले के भीतर की ओर सूखी बर्फ जम जाएगी।

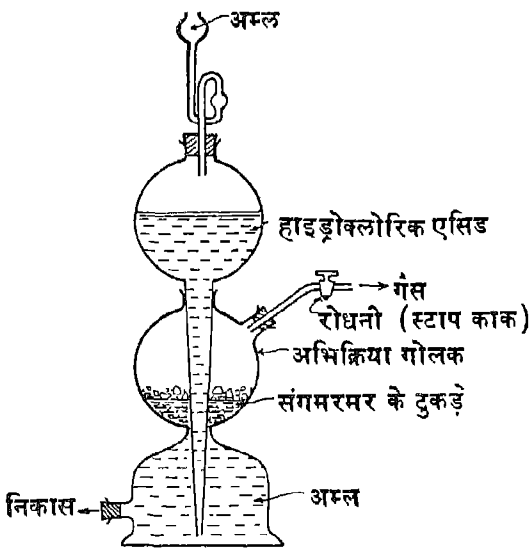
कार्बन डाइआक्साइड बहुत उपयोगी होती है। यह जलने में असहायक होती है और आग बुझा देती है। इसी कारण आग बुझाने के काम आती है। आग बुझाने के यंत्रों में कार्बन डाइआक्साइड ही भरी जाती है। औद्योगिक रूप में यह कपडे धोने का सोडा बनाने के काम आती है और चीनी उद्योग तथा पेय पदार्थों मे वातन के काम भी आती है। सूखी बर्फ का जल्दी खराब होने वाली वस्तुओ को सुरक्षित रखने में प्रयोग किया जाता है। आइसक्रीम के तैयार करने और भर कर रखने तथा उन कामों मे भी इसका उपयोग किया जाता है, जिनके लिए नीचे तापमान की आवश्यकता होती है। प्रकृति में कार्बन डाइआक्साइड का बहुत महत्वपूर्ण स्थान है। सूर्य के प्रकाश और क्लोरोफिल नामक हरे वर्णक की उपस्थिति मे पौधो मे यह ग्लूकोज और माडी के रूप मे बदल जाती है।




चित्र 28 *सूखी बर्फ का बनाना*

औद्योगिक अर्थात बडे पैमाने पर कार्बन डाइआक्साइड चूना बनाने मे चूने के पत्थर के जलने से या शर्कराओ अथवा माडी के किण्वन होकर अल्कोहल बनने के समय उद्योत्पादन के रूप में प्राप्त होती है।

प्रयोगशाला मे इसे प्रायः संगमरमर के टुकडों पर वूल्फ बोतल में हाइड्रोक्लोरिक एसिड की अभिक्रिया से तैयार किया जाता है, जैसाकि चित्र-32 (क) में दिखाया गया है। किप के उपकरण में कार्बन डाइआक्साइड भी बनाई जाती है जिसमें से जब और जैसे चाहो गैस बराबर मिलती रहती है। किप का उपकरण चित्र-29 में दिखाया गया है।




**चित्र-29.** *कार्बन डाइआक्साइड की सप्लाई के लिए किप का उपकरण*

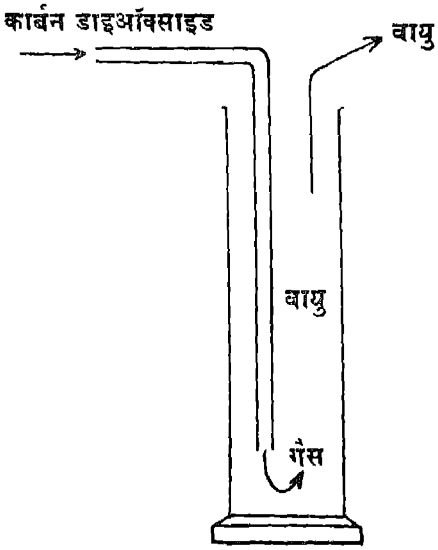
**प्रयोग 4.**

किप के उपकरण के बीच के गोले में संगमरमर के छोटे-छोटे टुकड़े रखिए। इस गोले के मुँह को

रबड़ की ऐसी डाट से बंद कीजिए जिसमे कॉच का स्टापकाक पडा हो। स्टापकाक को खोल कर थोड़ा-सा तनु हाइड्रोक्लोरिक एसिड ऊपर के गोले में छोडिए और इतना एसिड छोड़िए कि सगमरमर के टुकडों को यह छूने लगे। स्टापकाक को बंद कर दीजिए और अधिक एसिड छोड़िए ताकि ऊपर का गोला एक चौथाई भर जाए। अब गैस की सप्लाई करने के लिए उपकरण तैयार है और स्टापकाक खोलकर जब चाहे गैस प्राप्त की जा सकती है। गैस को कुछ जारों में इकट्ठा कीजिए और उसके निम्नलिखित गुणो की ओर ध्यान दीजिए:

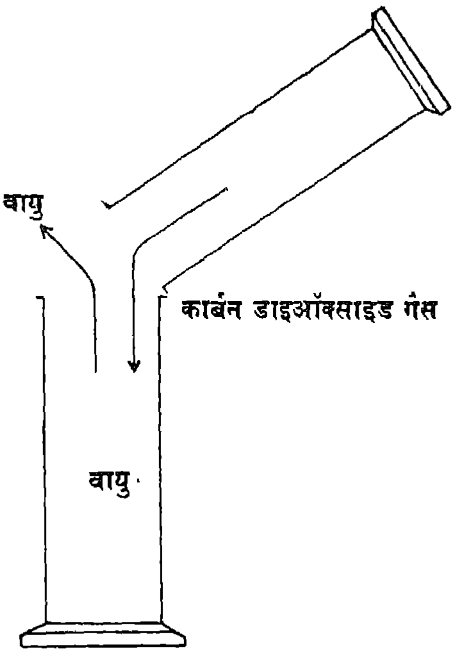
(1) गैस रगहीन और गधहीन है।

(2) यह गैस वायु से भारी है और इसे जैसा-कि चित्र-30 (क) मे दिखाया गया है ऊपर की ओर वायु के विस्थापन द्वारा इकट्ठा किया जा सकता है।




*चित्र-30. (क) कार्बन डाइअक्साइड वायु से भारी होती है। इसे ऊपर की ओर वायु के विस्थापन द्वारा एकत्र किया जा सकता है।*

(3) इसे जैसाकि चित्र-30 (ख) में दिखाया गया है, एक जार से दूसरे जार में पलटा जा सकता है।

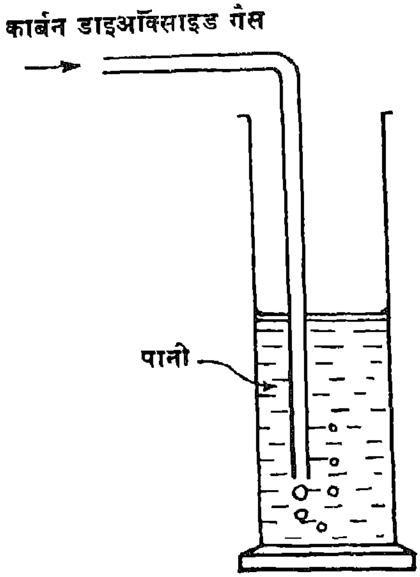



*चित्र-30. (ख) कार्बन डाइआक्साइड भारी गैस है। इसे एक जार से दूसरे जार मे पलटा जा सकता है।*

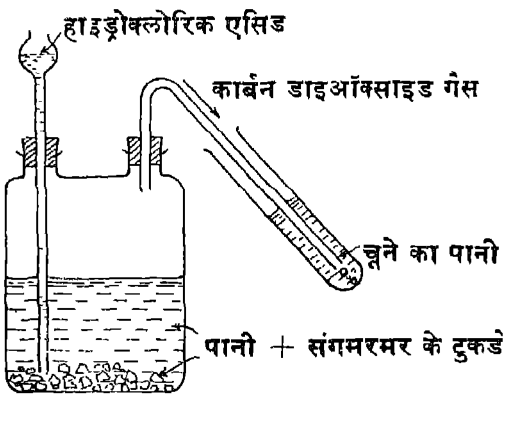
(4) यह जल मे घुल जाती है और इसका जलीय घोल नीले लिटमस को लाल कर देता है। (चित्र-31 देखिए)

(5) यह चूने के पानी को दूधिया बना देती है और जब गैस लगातार छोड़ी जाती है तो यह दूधियापन गायब हो जाता है। (देखिए चित्र-32 (क)

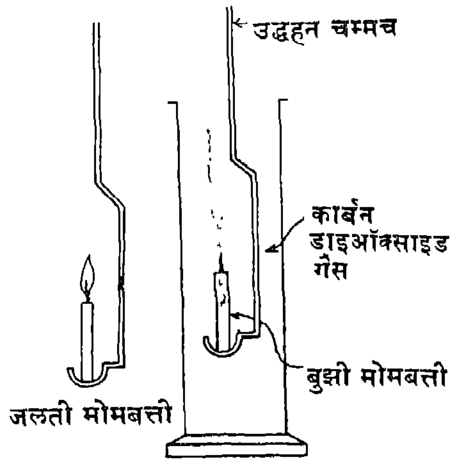
(6) जलती हुई मोमबत्ती इससे बुझ जाती है (देखिए चित्र-32 (ख)




चित्र-31. *कार्बन डाइआक्साइड जल में विलयशील है।*




चित्र-32. (क) कार्बन डाइआक्साइड चूने के पानी को दूधिया बना देती है।



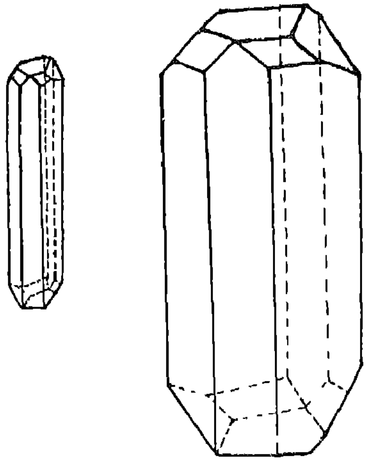

चित्र–32 (ख) *कार्बन डाइआक्साइड से जलती हुई मोमबत्ती बुझ जाती है।*

## 3.5 गंधक

गंधक भी एक अधातु है जो प्रकृति में मुक्त रूप में मिलती है। सामान्य गंधक पीले रग का ठोस द्रव्य है और इसके विषमलंबाक्ष क्रिस्टल होते हैं। (चित्र-33 देखिए)। यह पानी मे नही घुलती किन्तु कार्बनिक विलायको जैसे कार्बन डाइसल्फाइट और कार्बन टैट्राक्लोराइड मे शीघ्र घुल जाती है।

**प्रयोग 5.**

तीन परखनलियाँ लीजिए। एक में पानी, दूसरी में कार्बन डाइसल्फाइड और तीसरी मे कार्बन टट्राक्लोराइड लीजिए। तीनों मे गधक का थोड़ा-थोड़ा चूरा डालिए। फिर तीनों को खूब हिलाइए। आप देखेगे कि गंधक पानी में नही घुलती किन्तु अन्य दोनों द्रवो में घुल जाती है। इन घोलों को वाच ग्लासो में लेकर इनका वाष्पन कीजिए। ऐसा करने पर गंधक के सुन्दर पीले क्रिस्टल (रवे) बन जाएँगे।



चित्र–33. *गंधक के विषमलंबाक्ष क्रिस्टल*

प्राकृतिक रूप में गंधक या तो भूमि की ऊपरी परत के नीचे, गहरी तलहटियों मे या ज्वालामुखी क्षेत्रों में भूमि के ऊपर ही पाई जाती है। सयुक्त राज्य अमेरिका, इटली और जापान मे भारी मात्रा में गंधक होती है। इटली मे गंधक की खानें सिसली में ज्वालामुखियो के पास मिलती हैं। संसार की 13 प्रतिशत गंधक वहां से मिलती है। संयुक्त राज्य अमेरिका मे टैक्सास और लुइसियाना के पास भूमि में लगभग 1000 फुट की गहराई पर मिलती है। यह भी दुनिया भर में गंधक का बहुत बड़ा भंडार माना जाता है।

## 3.6 उत्पादन और शोधन

यदि पृथ्वी की सतह पर गधक पाई जाती हो तो साधारण खनन द्वारा इसे निकाला जा सकता है। यदि यह गहराई पर पाई जाती है तो इसे गर्म हवा और अति तप्त पानी छोडकर बाहर निकाला जाता है। यह गंधक 99 5 प्रतिशत शुद्ध होती है। आसवन और ऊर्ध्वपातन द्वारा इसे और अधिक शुद्ध किया जा सकता है। अशुद्ध गधक को ऐसे बर्तनो में गर्म किया जाता है जो ठंडे कक्ष से जुड़े होते हैं। ठडे कक्ष में जाकर गधक की वाष्प ठंडी पड़ जाती है और आरभ मे हल्के पीले रग के चूर्ण के रूप में जमा होने लगती है। इस चूर्ण को *गधक के फूल* कहते हैं। कुछ देर के बाद कक्ष गर्म हो जाता है और उसके फर्श पर एक द्रव्य-सा दिखाई देने लगता है। पिघली हुई इस गंधक को शलाकाओ का रूप दे दिया जाता है और इन्हे गंधक शलाका कहते हैं।

## 3.7 गंधक का महत्व

गंधक महत्वपूर्ण रासायनिक पदार्थ है और बहुत-से उद्योगो मे काम आती है। गंधक का अम्ल या तेजाब भी इसीसे बनता है। रबड़ उद्योग मे वैकल्नीकरण भी गंधक से ही किया जाता है। एबोनाइट भी कच्चे रबड और गधक के मेल से बनता है जो विद्युत रोधन पदार्थ है। बारूद जैसे विस्फोटक पदार्थ और *अल्ट्रामैरिन* नामक नीला वर्णक गधक से ही बनते है। कार्बन डाइसल्फाइड जैसे विलायक भी इसी से तैयार होते है। कीड़े मारने में भी इसका इस्तेमाल किया जाता है और कुछ दवाओ में भी गंधक काम में लाई जाती है।

## 3.8 गंधक के रूप और तात्विक विशेषताएँ

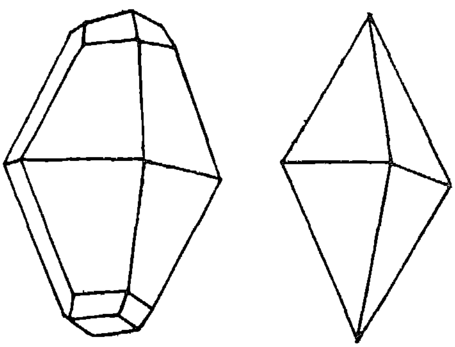
कार्बन की तरह गंधक भी कई रूपों में पाई जाती है। कुछ रवेदार (क्रिस्टलीन) और कुछ रवा-हीन होते है। इन सबके ऑक्सीजन में जलने से सल्फर डाइआक्साइड ही बनता है। किसी रूप में भी एक ग्राम गंधक के जलने से उतनी ही मात्रा में अर्थात 2 ग्राम सल्फर डाइआक्साइड बनता है।

गंधक के जो भिन्न-भिन्न रूप हैं उनके केवल भौतिक गुणो में ही अंतर दिखाई देता है और इसी कारण इन्हें गंधक का अप्ररूपी रूपांतरण कहते हैं।

साधारण गंधक रवेदार या क्रिस्टलीय होती है। यह कार्बन डाइसल्फाइड और बेंजीन जैसे विलायकों में से विषमलंबाक्ष क्रिस्टलों का रूप धारण करती है जैसाकि चित्र-33 में दिखाया गया है। गर्म करने पर अन्य रवेदार पिंडो के समान गधक भी पिघल जाती है। यह जिस तापमान पर पिघलती है उसे *गलनांक* कहते हैं। *विषमलंबाक्ष गधक* का गलनाक 112·8 डिग्री सेंटीग्रेड है। इसका विशिष्ट घनत्व 2 07 है।

**प्रयोग 6. एकनताक्ष गंधक का बनाना**

थोड़ी-सी साधारण गंधक लेकर उसे एक प्याली में पिघलाइए और फिर इसे धीरे-धीरे तब तक ठंडा कीजिए जब तक इसके ऊपर एक पपड़ी न जम जाए। इस पपड़ी में सूई से छेद कर दीजिए और तरल गंधक को इसमे से बाहर निकाल लीजिए। बची हुई गंधक मे गहरे पीले रंग की सुई जैसे रवे (क्रिस्टल) होंगे जैसेकि चित्र-34 मे दिखाए



चित्र-34. *गंधक के एकनताक्ष क्रिस्टल*

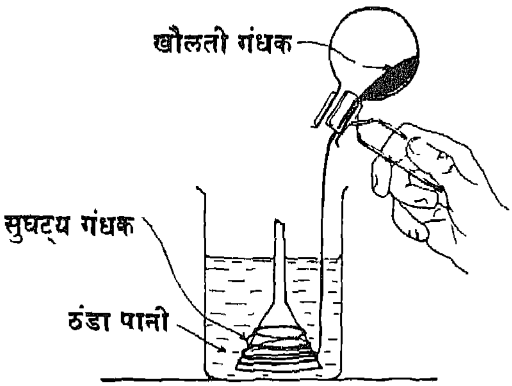
गए हैं। इसे B-सल्फर (*Greek*—B-*Sulphur*) या *एकनताक्ष गंधक* कहते हैं। यह 119·2 डिग्री सें० पर पिघलती है और इसका विशिष्ट घनत्व 1·96 होता है। यह 119 2 डिग्री से० और 95·5 डिग्री सें० के बीच में स्थायी रहती है। इससे नीचे तापमान पहुँचने पर फिर से विषमलंबाक्ष गंधक में बदल जाती है।

**प्रयोग 7. सुघट्य गधक का बनाना**

एक गोल तली की फ्लास्क में पिसी हुई गंधक शलाका लीजिए और इसे हल्के-हल्के गर्म कीजिए। आप देखेंगे कि जब गंधक को धीरे-धीरे गर्म करके खौलने के बिंदु तक गर्म किया जाता है तो इसमें बड़े मनोरंजक परिवर्तन होते हैं। यह 112·8 डिग्री सें० पर पीले द्रव्य में बदल जाती है। फिर और अधिक गर्म करने पर लाल भूरे रंग की हो जाती है और 250 डिग्री सें० पर यह इतनी श्यान हो जाती है कि इसे फ्लास्क से बाहर नहीं पलटा जा सकता।

लगभग 300 डिग्री सें० पर श्यान गंधक फिर से गतिशील हो जाती है और 444·6 डिग्री सें० पर यह खौलने लगती है और इसमें से नारंगी-पीले रंग की वाष्प निकलने लगती है। आप यह भी देखेंगे कि खौलती हुई गधक को जब धीरे-धीरे ठंडा किया जाता है तो इसमें पहले जैसे ही परिवर्तन उलटी दिशा मे होने लगते हैं। अब खौलती हुई तथा पिघली हुई गधक को एक बीकर मे पतली-सी धार से ठंडे पानी मे उलटाई हुई कीप पर छोड़िए जैसाकि चित्र-35 में दिखाया गया है। आप देखेंगे कि गंधक गाढ़ी-गाढ़ी भूरे रंग की डोरी की तरह बन जाएगी। वह *सुघट्य गंधक* है। यह रवाहीन गंधक है और यह पानी तथा कार्बन डाइसल्फाइड मे नहीं घुलती। किन्तु इस रूप में भी यह अस्थायी

होती है और यदि इसे एक दिन ऐसे ही रखा जाए तो यह फिर विषमलंबाक्ष रूप धारण कर लेती है। जब खौलती हुई गधक की बाष्प को एकदम ठडा किया जाता है तो यह गंधक के फूलों (फ्लावर्स ऑफ सल्फर) के रूप में संघनित हो जाती है।




**चित्र-35.** *सुघट्य गंधक का बनाना*

गुणो की दृष्टि से गधक भी कार्बन की तरह एक प्ररूपी अधातु है। यह अचालक है। इसके तार नहीं खींचे जा सकते और न ही इसे धातुओं की तरह हथौड़े से पीट कर बढ़ाया जा सकता है। यह ताँबे, लोहे और जस्त जैसी धातुओ से संयोजित होकर यौगिक बनाती है, जिन्हे *सल्फाइड* कहते हैं। यह वायु या ऑक्सीजन में जल जाती है और इससे सल्फर डाइऑक्साइड निकलती है जो अम्लीय होती है और नीले लिटमस को लाल कर देती है। जब खौलती हुई गंधक में से हाइड्रोजन गुजारी जाती है तो एक महत्वपूर्ण गैसीय यौगिक बन जाता है। उसे *हाइड्रोजन सल्फाइड* कहते हैं। गधक अधातुओं से भी सयोजित होती है किन्तु धातुओ की अपेक्षा कम ओज से सयोजित होती है। जब गंधक कोक के साथ बहुत प्रबलता से गर्म की जाती है तो गंधक और कार्बन के मेल से एक महत्वपूर्ण विलायक तैयार होता है जिसे *कार्बन डाइसल्फाइड* कहते है।

## 3.9 सल्फर डाइऑक्साइड

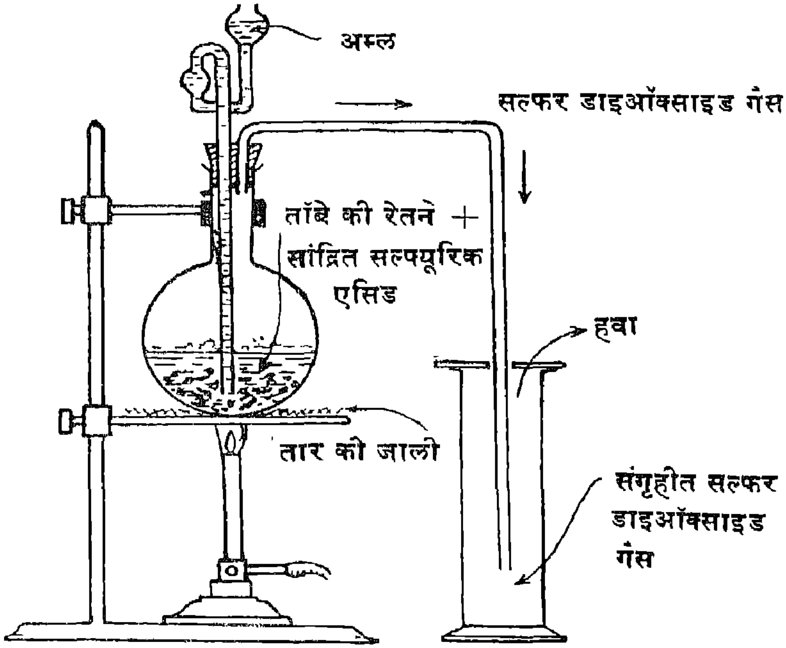
जब गधक को या लोहे के सल्फाइड जैसे धातुओ के सल्फाइडो को हवा में जलाया जाता है तो सल्फर डाइऑक्साइड गैस तैयार होती है। उद्योगो मे भी यह इसी ढग से तैयार की जाती है। प्रयोगशाला में यह आमतौर से ताँबे की छीलन और सांद्रिक गंधक के तेजाब के साथ गर्म करने से बनाई जाती है। नीचे के प्रयोग मे इस विधि को समझाया गया है।

**प्रयोग 8.**

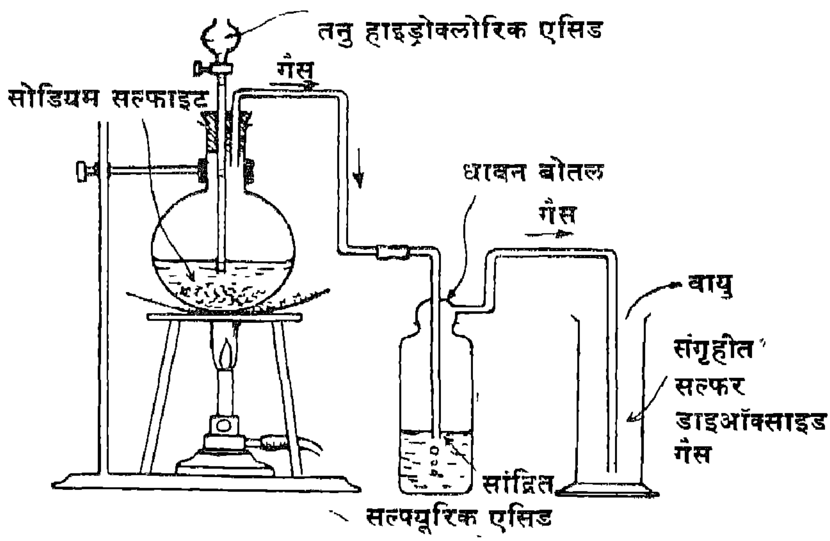
250 घन सें० के गोल तली के फ्लास्क में थोडी-सी ताँबें की छीलन लीजिए। अब इसे एक थिसिल कीप और निकासी नलकी से जोड़िए जोकि चित्र-36 की तरह गैस जार मे पडी हुई हो।

कीप में से फ्लास्क मे थोड़ा-सा सान्द्रित गंधक का तेजाब (सल्फ्यूरिक एसिड) छोड़िए। तारों की जाली नीचे रखकर फ्लास्क को गर्म कीजिए। अब क्रिया आरंभ होगी। ताँबे से गधक का तेजाब अपघटित होगा और सल्फर डाइऑक्साइड बन जाएगी। हवा के ऊपर के विस्थापन द्वारा जारो में गैस भरिए।

प्रयोगशाला मे सल्फर डाइऑक्साइड और भी आसानी से तैयार किया जा सकता है। इसकी विधि यह है कि जैसाकि चित्र-37 मे दिखाया गया है, ठोस सोडियम सल्फाइट पर गधक का तेजाब या हाइड्रोक्लोरिक एसिड डाला जाता है।




चित्र–36. प्रयोगशाला में ताँबे और सांद्रित गंधक के तेजाब से सल्फर डाइऑक्साइड का बनाना




चित्र-37. प्रयोगशाला में सल्फाइट और एक अम्ल से सल्फर डाइऑक्साइड का बनाना

गैस के गुणों का ध्यान से अध्ययन कीजिए और आप देखेंगे कि—

(1) गैस रंगहीन होती है और इसकी गंध दम घोटने वाली होती है।

(2) गैस वायु से भारी होती है।

(3) यह गैस पानी में बहुत ही अच्छी तरह विलीन हो जाती है, और इसके बाद जो घोल बनता है, वह अम्लीय होता है।

**प्रयोग 9. झरना प्रयोग**

एक फ्लास्क में सूखी सल्फर डाइआक्साइड ले लीजिए। फ्लास्क के मुँह मे ऐसी डाट लगाइए जिसमें से काँच की नली गुजर रही हो। काँच की नली समेत फ्लास्क को उलट दीजिए ताकि काँच की नली रंगीन पानी में डूबी रहे। यह पानी चित्र-38 की तरह नीले लिटमिस से रंगीन किया गया हो। आप देखेंगे कि कुछ देर बाद रंगीन पानी फ्लास्क में चढ़ता है और फव्वारे की तरह पानी नलकी से निकलने लगता है और नीले की बजाय लाल होता चला जाता है। इससे यह पता चलता है कि फ्लास्क में जो गैस है वह अम्लीय प्रकृति की है।

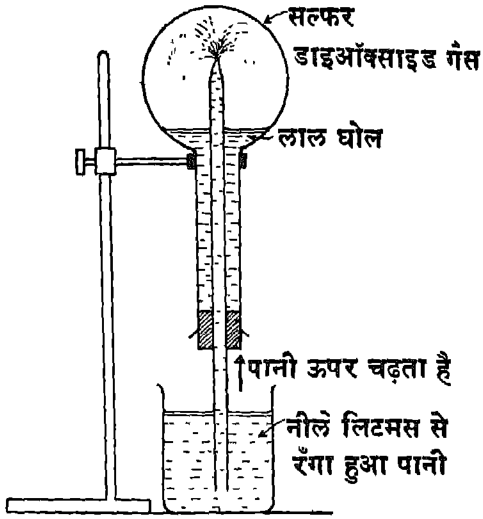
(4) गैस जलती नहीं।

**प्रयोग 10.**

गैस से भरे हुए एक जार मे जलती हुई लकडी की खपची डालिए। आप देखेंगे कि खपची एकदम बुझ जाएगी और गैस भी नही जलेगी।

(5) अम्ल युक्त पोटासियम परमैंगनेट के घोल को यह गैस रंगहीन कर देती है जबकि यह घोल में से गुजरती है या घोल ऐसे जार में उलट दिया जाता है जिसमें गैस भरी हो।

(6) लाल फलालेन के गीले टुकड़े का यह गैस रंग उड़ा देती है। इसी तरह यदि गैस भरे जार में रंगीन फूल डाला जाए तो उसका रंग भी उड़ जाता है।




**चित्र-38.** *फव्वारे का प्रयोग*

सल्फर डाइआक्साइड उपयोगी पदार्थ है। औद्योगिक निर्माण में यह सल्फ्यूरिक एसिड या गंधक का तेजाब बनाने के काम आता है। गंधक का तेजाब प्रयोगशाला में बहुत महत्वपूर्ण अभिकर्मक होता है और रसायन उद्योग मे इससे और बहुत-से रसायन बनते हैं।

सल्फर डाइआक्साइड बहुत से अतिसूक्ष्म जीवाणुओं को मार डालता है और इस कारण यह फफूँद और जीवाणुओ को नष्ट करने के काम आता है। खूबानी और प्रून (Prunes) जैसे फलों को सुखा कर रखने में यह परीक्षक का काम देता है। चूने के पानी में सल्फर डाइआक्साइड के घोल से लकड़ी से कागज तैयार होता है। तिनको, ऊन और रेशम का रंग उड़ाने के

लिए सल्फर डाइआक्साइड का इस्तेमाल किया जाता है ।

## 3.10 हाइड्रोजन सल्फाइड या सल्फ़रेटेड हाइड्रोजन

हाइड्रोजन सल्फाइड बहुत ही दुर्गंध वाली रंग-हीन गैस है । किन्तु रासायनिक विश्लेषण मे यह बहुत उपयोगी होती है । हर रसायन प्रयोगशाला मे यह गैस आपको मिलेगी और यह चित्र-29 (देखिए कार्बन डाइआक्साइड) मे दिखाए गए किप के उप-करण मे तैयार होती है । चित्र-23 मे दिखाई गई वूल्फ बोतल में तनु अम्ल (प्राय: *गंधक का तेजाब*) आयरन सल्फाइड पर डालने से भी यह गैस बनती है। वायु से ऊपर की ओर विस्थापन द्वारा यह गैस जमा की जाती है । यह ध्यान रखे कि गैस की गंध बहुत *अप्रिय* और सड़े अंडो की जैसी गंध होती है । साथ ही यह गैस *विषैली* भी होती है ।

हाइड्रोजन सल्फाइड वायु से कुछ भारी होती है। यह पानी में घुल जाती है और इसका जलीय घोल हल्का अम्लीय होता है । क्षारों के साथ इसकी अभिक्रिया से सल्फाइड बनते है। बहुत-से धातु लवणों के साथ इसकी अभिक्रिया से रंगीन सल्फाइड बनते हैं ।

**प्रयोग 11.**

किप के उपकरण से हाइड्रोजन सल्फाइड ताँबे, सीसे, कैडमियम और ऐंटीमनी के लवणो के घोलों में छोड़िए । गैस छोड़ने पर सब घोलों में अलग-अलग रंग (काला, पीला और नारंगी) आएगा ।

**प्रयोग 12.**

हाइड्रोजन सल्फाइड भरे जार में जलता हुआ फीता डालिए । आप देखेंगे कि यह गैस ज्वलनशील है और इसके जलने से नीली लौ निकलती है ।

## 3.11 फॉस्फोरस

फॉस्फोरस भी एक और प्ररूपी अधातु है । यह प्रकृति में शुद्ध रूप में नही मिलती क्योकि यह अत्यंत अभिक्रियाशील है। यह बहुत महत्वपूर्ण और उप-योगी मूलतत्व है और यह तीन रूपो में पाई जाती है। सामान्य फॉस्फोरस प्राय: पीला पिंड होती है और शुद्ध रूप में यह रगहीन होती है। इसी कारण इसे *श्वेत फॉस्फोरस* कहते हैं । देखने मे यह मोम जैसी जलती है और इतनी मुलायम होती है कि इसे सरलता से चाकू से काटा जा सकता है। यह 44·2 डिग्री सें० के नीचे तापमान पर पिघल जाती है और 380·5 डिग्री से० पर खौलने लगती है। इसका विशिष्ट घनत्व 1·82 होता है। वायु में 40 डिग्री सें० पर यह स्वत: जल उठती है, इसलिए इसे वायु के संपर्क में नही रखना चाहिए। पानी का इस पर कोई प्रभाव नही होता, इसी कारण इसे पानी में ही रखना चाहिए ।

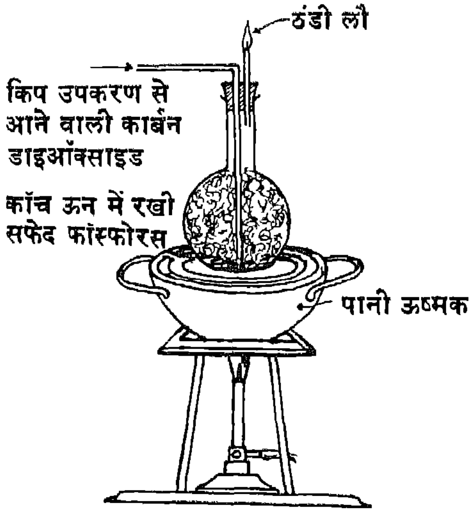
कार्बन डाइसल्फाइड, बेंजीन और जैतून (आलिव) के तेल में फॉस्फोरस जल्दी ही घुल जाती है। जब इसे वायु में गर्म किया जाता है तो यह ऑक्सी-जन में मिल जाती है। यह मिलने से फॉस्फोरस पेंटाक्साइड बनता है जो अम्लीय होता है । सामान्य तापमान पर धीरे-धीरे वायु के साथ अभिक्रिया करती है और इससे सफेद प्रकाश निकलता है जो अँधेरे मे अच्छी तरह दिखाई देता है। इस घटना को *स्फुरदीप्ति* (फॉस्फोरेसेन्स) कहते हैं ।

**प्रयोग 13. स्फुरदीप्ति (फॉस्फोरेसेन्स) की घटना**

सफेद फॉस्फोरस के कुछ टुकडे लेकर काँच तंतुओं के बीच में रखकर एक फ्लास्क में रखिए

जिसमें चित्र-39 की तरह कॉच की नलियाँ लगी हो। फ्लास्क में से कार्बन डाइग्राक्साइड गैस की धारा गुजारिए। फ्लास्क को पानी के ऊष्मक में गर्म कीजिए। इस उपकरण को बद कमरे मे रखिए। ग्राप देखेंगे कि कॉच की नली के ऊपर से ठंडी लौ निकल रही है। इसी को स्फुरदीप्ति या फॉस्फोरेसेन्स कहते हैं।

*सावधानी : सफेद फॉस्फोरस विषैली होती है और इसकी थोड़ी-सी मात्रा से भी मृत्यु हो जाती है।*




**चित्र 39.** स्फुरदीप्ति

जब सफेद फॉस्फोरस को वायु के संपर्क के बिना बहुत समय तक 250 से 300 डिग्री से० पर गर्म किया जाता है तो यह स्थायी रूप में बदल जाता है जिसे *लाल फॉस्फोरस* कहते है। प्रकाश की उपस्थिति मे भी धीरे-धीरे यही परिवर्तन होता है। लाल फॉस्फोरस सफेद फॉस्फोरस से बहुत भिन्न होता है। इसका विशिष्ट घनत्व 2·20 होता है। यह कार्बन डाइसल्फाइड में नहीं घुलती और न ही इससे स्फुरदीप्ति होती है। वायु के साथ भी यह धीरे-धीरे ही ग्रभिक्रिया करती है। यह इतनी विषैली नही होती ग्रौर इसी कारण इस प्रकार की फॉस्फोरस व्यवहार में सुरक्षित रहती है। यह वायु में ग्रपेक्षाकृत ग्रधिक ऊँचे तापमान (260 डिग्री) पर जलती है ग्रौर इससे भी वही ग्रॉक्साइड (पेंटा-क्साइड) व सफेद फॉस्फोरस के ग्रनुपात मे ही बनता है। 500 से 600 डिग्री से० तक लाल फॉस्फोरस को गर्म करके सफेद फॉस्फोरस मे बदला जा सकता है। हवा का संपर्क न रहने ग्रौर वाष्प को ठडा करने पर ऐसा होता है। जब लाल फॉस्फोरस को 350 डिग्री से० तक दाब के ग्रधीन गर्म किया जाता है तो यह एक ग्रौर प्रकार के फॉस्फोरस में बदल जाता हे जिसे *काला फॉस्फोरस* कहते है। देखने मे यह ग्रेफाइट से मिलता-जुलता होता है। काला फॉस्फोरस केवल 490 डि० से० पर जलता है ग्रौर यह फॉस्फोरस का सघनतम रूप है जिसका विशिष्ट घनत्व 2·70 होता है।

इस प्रकार फॉस्फोरस तीन ग्रपररूपी रूपातरणो में पाई जाती है। इसे ग्रौर सरल पदार्थों मे नही तोडा या बॉटा जा सकना। इस कारण इसे मूल-तत्व ही माना जाता है, जिसके विशेष प्रकार के ग्रधात्विक गुण होते हैं।

## 3.12 फॉस्फोरस का उत्पादन

प्रकृति में फॉस्फोरस संयुक्त रूप से फॉस्फेट शिलाग्रों (ग्रपरिष्कृत कैल्सियम फॉस्फेट) मे व्यापक रूप मे पाई जाती है। हड्डियो मे फॉस्फोरस काफी परिणाम मे होती है। इसी कारण या तो यह फॉस्फेट शिलाग्रो या हड्डियो से तैयार की जाती है। इनमें से जिस पदार्थ से फॉस्फोरस बनानी हो उसे पीस कर ग्रौर रेते तथा कोयले (कोक) में मिलाकर वायु की ग्रनुपस्थिति मे बिजली की

भट्टी में गर्म किया जाता है। फॉस्फोरस वाष्प के रूप में भट्टी में से निकलती है और पानी के नीचे सफेद फॉस्फोरस के रूप में सघनित हो जाती है।

## 3.13 फॉस्फोरस के उपयोग

फॉस्फोरस के दो महत्वपूर्ण यौगिक बनते हैं। इनमें से एक फॉस्फोरस पेंटाक्साइड होता है जिसमें जल की वाष्प सोखने और दूसरे यौगिकों में से पानी को अलग करने की क्षमता बहुत होती है। अतः प्रयोगशाला में इसी काम के लिए इसका इस्तेमाल किया जाता है। दूसरा यौगिक फॉस्फोरिक एसिड है जो फॉस्फोरस पेंटाक्साइड को पानी में विलय करके बनाया जाता है। इससे महत्वपूर्ण लवण तैयार होते हैं जिन्हें फॉस्फेट कहा जाता है। फॉस्फोरस सैनिक उपयोगों में भी काम आता है। जब यह जलता है तो इससे घना सफेद धुआँ निकलता है, इसलिए इससे धूमपट्ट गोले बनाए जाते हैं।

## संक्षेप

कार्बन एक ठोस प्रकार का मूलतत्व है। यह *अप्ररूपता* प्रकट करती है और एक से अधिक रूप में पाई जाती है। इसके प्रत्येक रूप के रासायनिक गुण समान होते हैं परंतु भौतिक गुण भिन्न होते हैं। *हीरा और ग्रेफाइट* कार्बन के रवेदार या क्रिस्टलीय रूप हैं। जबकि कोक और लकड़ी का कोयला अक्रिस्टलीय या रवाहीन रूप हैं। कार्बन एक खास प्रकार की अधातु है। जलने पर इससे कार्बन डाइआक्साइड निकलती है, जो प्रकृति में *प्रकाशसंश्लेषण* द्वारा एक बहुत बड़ा काम करती है।

*गंधक एक मूलतत्व* है जो ठोस होती है। यह पीले रंग की होती है और कार्बन डाइसल्फाइड में घुल जाती है।

*गंधक प्ररूपी अधातु* है। यह अपररूपी रूपों में पाई जाती है जो रवेदार या रवेहीन दोनों ही प्रकार के होते हैं।

वायु में गधक (सल्फर) जल जाती है और इससे सल्फर डाइआक्साइड बनता है और यह हाइड्रोजन से भी संयुक्त हो जाती है और इससे हाइड्रोजन सल्फाइड बनता है।

सल्फर डाइआक्साइड और सल्फ्यूरिक एसिड सल्फर से ही बनते हैं।

फॉस्फोरस एक मूलतत्व है। यह ठोस रूप में मिलता है और कई अपररूपों (लाल, सफेद और काले) में पाया जाता है। सफेद फॉस्फोरस ज्वलनशील पदार्थ है और यह बहुत अधिक विषैला होता है। मुँह बंद बोतलों में यह पानी के नीचे सुरक्षित रहता है।

फॉस्फोरस से *स्फुरदीप्ति* (*फास्फोरेसेन्स*) प्रकट होती है अर्थात् *अँधेरे में यह चमकती है।*

*फॉस्फोरस एक प्ररूपी अधातु है।*

जब फॉस्फोरस वायु में या ऑक्सीजन में जलती है तो इससे फॉस्फोरस पेंटाक्साइड बनता है जो पानी में घुल जाता है और इसके पानी में घुलने से फॉस्फोरिक ऐसिड बनता है।

फॉस्फोरस हड्डियो का एक अवयव है।

अधातुएँ ऑक्सीजन से मिलकर रासायनिक यौगिक बनाती है जिन्हे ऑक्साइड कहते हैं। यह ऑक्साइड पानी में घुल जाते हैं और घुलने से जो यौगिक बनते है वे अम्ल कहे जाते हैं।

## दोहराने के लिए प्रश्न

1 कार्बन के भिन्न-भिन्न रूपों का नाम लीजिए। इनमे अंतर क्या है ?

2. अप्ररूपता का क्या अर्थ है ? अपने उत्तर को कार्बन, सल्फर और फॉस्फोरस के उदाहरण देकर समझाइए।

3. ग्रेफाइट, हीरे, काजल और कोक के प्रमुख उपयोग बताइए।

4. आप यह कैसे प्रकट करेंगे कि कार्बन के भिन्न-भिन्न रूप रासायनिक रूप से समान होते है।

5. उस गैस का नाम बताइए जो बहुत अधिक मात्रा में वायु या ऑक्सीजन मे कार्बन के जलने से बनती है ?

6. प्रयोगशाला मे कार्बन डाइआक्साइड बनाने की विधि बताइए ?

7. जीवन में कार्बन ऑक्साइड का महत्व दर्शाइए। इससे आग क्यों बुझ जाती है ?

8. किप के उपकरण का एक साफ चित्र बनाइए और इस बात को स्पष्ट कीजिए कि कार्बन डाइआक्साइड बनाने मे इनका क्या उपयोग है।

9. अधातु की विशेषताएँ बताइए।

10. हम यह कैसे कह सकते है कि गंधक एक तत्व है ? इसके महत्वपूर्ण प्रयोग भी बताइए।

11. गंधक के महत्वपूर्ण अप्ररूपी रूपो का नाम लीजिए। ये कैसे बनते है ?

12. उस गैस का नाम बताइए जो गधक के वायु या ऑक्सीजन मे जलाने से तैयार हो जाती है। प्रयोगशाला मे इसके बनाने की विधि बताइए।

13. हाइड्रोजन सल्फाइड क्या है और प्रयोगशाला मे यह कैसे बनाया जाता है ?

14. इस बात को समझाइए कि ताँबे और चाँदी के बर्तन हवा मे काले क्यों पड़ जाते है।

15. क्या होता है जब :
    क) संगमरमर के टुकड़े जब अम्ल के संपर्क में आ जाते है।
    ख) चूने का पत्थर गर्म किया जाता है।
    ग) कोक जलता है।

घ) चूने के पानी में से कार्बन डाइऑक्साइड गैस गुजरती है ।
च) वायु या ऑक्सीजन मे गंधक जलती है ।
छ) सांद्रित सल्फ्यूरिक एसिड में जब तांबे की रेतनी गर्म की जाती हैं ।
ज) सोडियम सल्फाइट की हाइड्रोक्लोरिक एसिड से अभिक्रिया होती है ।
झ) पिघली हुई गधक में जब हाइड्रोजन गुजारी जाती है ।
ट) जब पोटासियम परमैंगनेट के अम्लीय घोल में से सल्फर डाइआक्साइड होकर जाती है ।
ठ) कॉपर सल्फेट के घोल में से हाइड्रोजन सल्फाइट गैस फूंकी जाती है ।

16. हम यह क्यो कहते हैं कि फॉस्फोरस एक प्ररूपी अधातु है ?
17. फॉस्फोरस की बंद बोतलों को पानी के नीचे क्यो रखते है ?
18. फॉस्फोरस की रूपता के बारे में संक्षिप्त नोट लिखिए ।
19. प्रकृति में फॉस्फोरस कैसे मिलती है । इसे कैसे निकाला जाता है ?
20. फॉस्फोरस के उपयोग बताइए ।
21. जब फॉस्फोरस वायु या ऑक्सीजन मे जलाई जाती है तो कौनसी वस्तु बनती है ? इस वस्तु के उपयोग बताइए ।
22. श्वेत फॉस्फोरस और लाल फॉस्फोरस में क्या अंतर है ?

अध्याय 4

# कुछ सामान्य धातुएँ

## 4.1 धातुओं की विशेषताएं

हम अब तक कुछ सामान्य वस्तुओं के रसायन का अध्ययन कर चुके हैं जो कि अधातुएँ कहलाती हैं। धातुएँ भी मूलतत्व हैं और इनके गुण स्पष्ट रूप से भिन्न होते हैं। सोना धातु का एक प्ररूपी उदाहरण है। यह बहुत भारी होता है और इसमें बड़ी चमक होती है तथा यह बिजली और ऊष्मा दोनों का चालक है। इसके बहुत पतले-पतले तार खींचे जा सकते हैं और इसके इस गुण को *तन्यता* कहते हैं। हथौडे से पीट कर इसके बहुत बारीक वर्क भी बनाए जा सकते हैं। इस गुण को *अघात-वर्ध्यता* कहते हैं। सब धातुओं मे प्रायः सारे ही अभिलक्षण पाए जाते है।

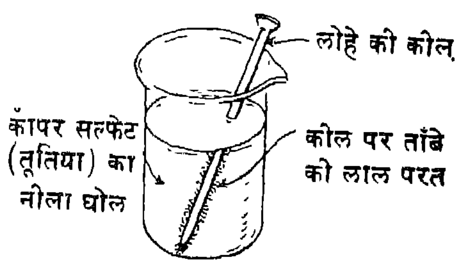
बहुधा जब दो या अधिक धातुओं को इकट्ठा पिघला दिया जाता है तो जो हमे समागी पदार्थ मिलते है, उन्हें *मिश्र धातु या अलाय* कहते है; जैसे पीतल, काँसा और जंगरोधी इस्पात (स्टेनलेस स्टील)। पारे की मिश्र धातु को *पारद-धातु मिश्रण या अमलगम* कहते है। इसके अलावा धातुएँ ऑक्सीजन से सयोजित होती हैं और इससे ऑक्साइड बनते है। ये ऑक्साइड अम्लो मे घुल कर लवण बनाते हैं। ये ऑक्साइड *क्षारकीय ऑक्साइड* कहलाते है और कार्बन की सहायता से ये फिर धातुओ में बदल जाते है।

**प्रयोग 1.**

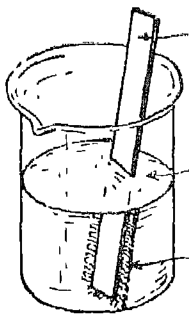
शुद्ध ताँबे का एक तार लेकर उसे बुन्सन ज्वाला (बर्नर) मे खूब गर्म कीजिए, जब तक कि यह काला न पड जाए। गर्म होने से ताँबा वायु की ऑक्सीजन से सयुक्त होकर ताँबे के काले ऑक्साइड मे बदल जाता है।

ऑक्सीकृत ताँबे के तार को एक बीकर में हाइड्रोक्लोरिक एसिड में रखिए। आप देखेंगे कि काला ऑक्साइड घुल जाएगा और ताँबे के लवण का हरे रंग का घोल तैयार हो जाएगा।

बहुत-सी धातुएँ अम्लो में घुल जाती है और इससे लवण बन जाते है। घटिया धातुएँ उत्कृष्ट धातुओं को विस्थापित कर देती है। उदाहरण के लिए जस्त सोने को, लोहा ताँबे को और ताँबा चाँदी को विस्थापित कर देता है (चित्र-40 तथा 41)।




**चित्र-40.** लोहे द्वारा ताँबे का विस्थापन




**चित्र-41.** *ताँबे द्वारा चाँदी का विस्थापन*

**प्रयोग 2. घोल में एक धातु का दूसरी धातु में विस्थापन**

एक बीकर में थोडा-सा कॉपर सल्फेट का घोल लीजिए। इस घोल मे लोहे की एक कील डालिए। आप देखेगे कि थोड़ी देर मे लोहे की कील के ऊपर ताँबे की लाल परत जम जाएगी। यह ताँबा घोल में से निकल कर जमा हुआ है। कील का लोहा घोल मे घुल कर आयरन सल्फेट बनाता है। (देखिए चित्र-40)। ताँबे की तुलना मे लोहा घटिया धातु है और यह अधिक अभिक्रियाशील है।

कुछ सामान्य धातुओं का प्रारभिक रसायन नीचे दिया जाता है।

## 4.2 सोना

सोना बहुत प्राचीन काल से एक परिचित धातु है। संसार के कई भागो मे यह शुद्ध रूप में मिलता है, परंतु बहुत दुर्लभ है। इस पर वायु, जल, क्षारों, अम्लों और अग्नि का कोई प्रभाव नही होता। इस गुण के कारण यह बहुमूल्य धातु समझी जाती है। इसे उत्कृष्ट *धातु* कहते है और यह आभूषणों और सिक्कों के बनाने मे व्यापक परिमाण मे काम आती है।

## 4.3 सोने की प्राप्ति और उत्पादन

संसार के बहुत-से भागों में प्राकृतिक सोना मिलता है। कभी-कभी इसके जलोढ कण या टुकड़े भी मिलते हैं, किन्तु सामान्यत: यह स्फटिक मे छोटे-छोटे कणों की शक्ल में ही मिलता है। भारत मे सोना —कोलार (मैसूर राज्य) की खानो से मिलता है। कुछ नदियो के जलोढ निक्षेपों मे जैसे *स्वर्ण रेखा, ब्रह्मपुत्र* और *सिन्धु* के जलोढ निक्षेपों मे सोने के सूक्ष्म कण होते हैं।

सोना या तो पारदन प्रक्रिया द्वारा या सायनाइड प्रक्रिया द्वारा निकाला जाता है।

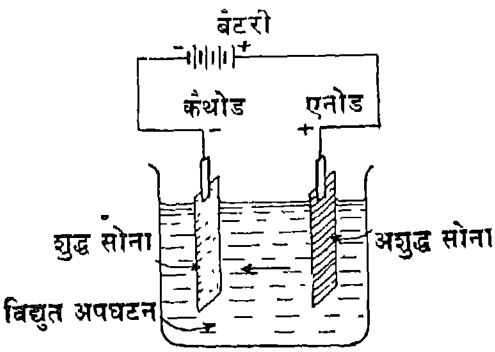
(1) *पारदन प्रक्रिया* : बारीक रेते या सोने वाली स्फटिक को पानी में गारे की तरह सान लिया जाता है। इस गारे को अमलगमित ताँबे की पत्तरों पर डाला जाता है। सोने के कण पारद के साथ पारद-धातु मिश्रण बनाते हैं और ताँबे की पत्तरो पर जम जाते हैं। इस धातु मिश्रण या अमलगम को खुरच कर इसका आसवन किया जाता है। पारद अर्थात् पारा आसवित हो जाता है और इसे इकट्ठा कर दिया जाता है और सोना अवशिष्ट रह जाता है। (देखिए प्रयोग 4.)। किन्तु अब यह विधि पुरानी पडती जा रही है।

(2) *सायनाइड प्रक्रिया* : जिस मिट्टी या स्फटिक में सोना होता है उसे खूब बारीक पीसकर और पानी मे मिलाकर उसे ढलवाँ मेज पर ऊपर से छोडा जाता है। सोने के कण भारी होने के कारण ढलवाँ मेज पर अटक जाते है और हल्की अशुद्धताएँ बह जाती है। इस प्रकार सोने

के जो कण इकट्ठे किए जाते हैं उन्हें पोटासियम सायनाइड के तनु घोल में मिलाया जाता है और इसके बाद 24 घंटों तक हवा लगने के लिए खुला रख दिया जाता है। सोना पोटासियम सायनाइड में वायु की उपस्थिति में घुल जाता है। छने हुए घोल मे ताजा जस्त की छीलन डाल कर अवक्षेप के रूप में इसे छान लिया जाता है। इसके बाद वैद्युत अपघटन द्वारा इसे शोध लिया जाता है।

**प्रयोग 3.**

एक सेल में जलीय पोटासियम सायनाइड में घुले गोल्ड क्लोराइड का घोल लीजिए और इसमे से विद्युत की धारा गुजारिए। पोटासियम सायनाइड इसमे विद्युत अपघट्य होता है। अशुद्ध सोने की पतरी को एनोड और शुद्ध सोने की पतरी को कैथोड बनाया जाता है, जैसा कि चित्र-42 में दिखाया गया है। आप देखेंगे कि कैथोड वाली पतरी पर शुद्ध सोना जमा होने लगता है और यह पतरी भारी होने लगती है।




**चित्र 42.** विद्युत अपघटन द्वारा सोने का शोधन।

*सावधानी : सायनाइड अत्यन्त विषैला होता है और इसे बहुत से पानी से धो डालना चाहिए।*

## 4.4 सोने के गुण

सोना पीले रंग का ठोस पदार्थ है और बड़ा चमकदार होता है। इसमे जो भौतिक गुण होते हैं उनका पहले ही उल्लेख किया जा चुका है। यह स्थायी धातु होती है और अत्यन्त संक्षारण निरोधी होती है। फिर भी यह एकुवा रेजिया में घुल जाती है। (एकुवा रेजिया 1 : 3 के अनुपात मे सांद्रित नाइट्रिक एसिड और सांद्रित हाइड्रोक्लोरिक का मिश्रण होता है)। ऐसा करने से गोल्ड क्लोराइड बनता है जो सोने के लवणो मे सबसे अधिक महत्वपूर्ण होता है। वायु की उपस्थिति मे यह पोटासियम या सोडियम सायनाइड के घोल में घुल जाता है। पारे मे सोना घुलकर जो पदार्थ बनता है उसे गोल्ड *अमलगम* कहते हैं। जब इसे गरम किया जाता है तो पारा अलग हो जाता है और सोना पीछे बच रहता है।

**प्रयोग 4.**

सोने के एक तार को पारे में डुबाइए। आप देखेंगे कि तार पर चाँदी के रंग का सफेद मुलम्मा चढ़ जाएगा। बुन्सन ज्वाला में इसे गर्म कीजिए और इसे टांग्स या चिमटे से पकड़ लीजिए। आप देखेंगे कि सफेद मुलम्मा गायब होता जा रहा है और सोने का तार पहले जैसा चमकदार और पीला निकलता आ रहा है।

*सावधानी :* पारे की वाष्प जहरीली होती है।

शुद्ध सोना मुलायम होता है किन्तु ताँबे या चाँदी जैसी अन्य धातुओं के मेल से यह कठोर हो जाता है। इस कठोर सोने को *स्वर्ण धातु मिश्रण* कहते हैं और इससे ही सिक्के और गहने बनते हैं।

गोल्ड ऑक्साइड विशेष परिस्थितियो मे बनता है। गर्म होने पर यह अस्थायी हो जाता है और

सोने और ऑक्सीजन मे अपघटित हो जाता है। यह ऑक्साइड अम्लो में घुल जाता है और घुलने से सोने के लवण बनते है और इस प्रकार यह क्षारकीय होता है। इसी प्रकार का एक लवण, गोल्ड क्लोराइड है। सोने के लवणो से बहुत-से उपयोगी पदार्थ तैयार किए जाते हैं। इनमें से एक *पर्पल ऑफ कैसियस* कहलाता है। यह पदार्थ काँच की चूडियों और पोर्सिलिन को गहरा लाल रंग देने के काम आता है।

**प्रयोग 5.**

एक परखनली में गोल्ड क्लोराइड का थोड़ा-सा तनु घोल लीजिए। इसमें थोडा-सा स्टैनस क्लोराइड और कुछ स्टैनिक क्लोराइड डालिए। इस पर आप गहरे नील लोहित अवक्षेप देखेंगे। इसी को *पर्पल ऑफ कैसियस* कहते है।

## 4.5 चाँदी

चाँदी एक और परिचित धातु है। यह भी मूल्यवान धातु होती है किन्तु सोने के समान उत्कृष्ट नहीं। वायु से यह काली पड़ जाती है और अम्लों का भी इस पर प्रभाव होता है—प्राचीन काल से लोग चाँदी को जानते थे और जिन प्रयोगों के लिए सोना काम आता है उन्ही के लिए चाँदी का इस्तेमाल किया जाता है।

## 4.6 चाँदी की प्राप्ति और उत्पादन

चाँदी प्राकृतिक अथवा शुद्ध अवस्था मे मैक्सिको और नार्वे मे मिलती है। यह अपने यौगिकों के रूप में भी पाई जाती है जो प्रायः क्लोराइड (हार्न सिल्वर) और सल्फाइड (अर्जेनटाइट) होते है। जिस प्रकार सोना पारद-धातु मिश्रण प्रक्रिया और सायनाइड प्रक्रिया द्वारा तैयार किया जाता है, उसी प्रकार चाँदी का भी उत्पादन होता है। यह वैद्युत अपघटन द्वारा शुद्ध की जाती है।

## 4.7 चाँदी के गुण और उपयोग

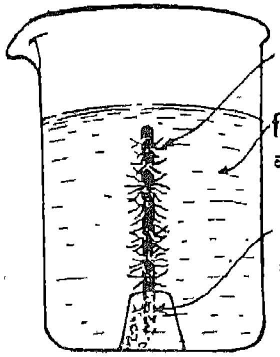
शुद्ध चाँदी भारी और श्वेत ठोस पदार्थ है, जिसमें चमक होती है। यह अत्यन्त तन्य और आघातवर्ध्य होती है। यह ऊष्मा और विद्युत की सबसे अच्छी चालक है। इस पर बहुत अधिक पालिश की जा सकती है। यह काली भी पड़ जाती है अर्थात ऐसी वायु के सपर्क में आने से, जिसमें हाइड्रोजन सल्फाइड का संदूषण हो। चाँदी की पन्नी द्वारा इस बात को दिखाया जा सकता है। इस पर जल, क्षारों और अधिकाश अम्लों का प्रभाव नही होता। नाइट्रिक एसिड में यह बहुत शीघ्र घुल जाती है और इससे सिल्वर नाइट्रेट बनता है जो कि चाँदी का सबसे महत्वपूर्ण लवण है।

चाँदी के लवणो के घोलों मे जस्त द्वारा चाँदी को विस्थापित कर दिया जाता है क्योकि यह अधिक अभिक्रियाशील होता है। चाँदी के लवणों में से चाँदी निकालने के लिए इस गुण का प्रयोग किया जाता है।

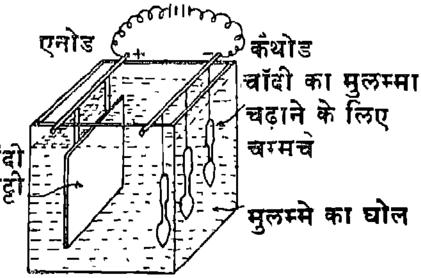
**प्रयोग 6 रजत वृक्ष (सिल्वर ट्री) का बनाना**

जैसा कि चित्र-43 मे दिखाया गया है एक ऐसे बीकर मे साधारण साद्रण का थोड़ा-सा सिल्वर नाइट्रेट का घोल लीजिए, जिस बीकर की तली मे एक डाट में जस्त की एक छड़ी लगी हो। एक घंटे के बाद आप देखेंगे कि छड़ के चारों ओर चाँदी के रवे एक सुंदर पेड़ की शक्ल मे जमा हो जाएँगे। इसे *रजत वृक्ष* या *सिल्वर ट्री* कहते हैं।

चाँदी से धातु मिश्रण (अलाय) भी बनते हैं। यह पारे में घुल जाती है और इससे पारद-रजत धातु मिश्रण बनता है। जब इस अमलगम को गर्म किया जाता है तो पारा आसवित होकर निकल




चित्र 43. रजत वृक्ष (जस्त द्वारा चाँदी का विस्थापन)




चित्र 44. *चाँदी का मुलम्मा चढ़ाना*

जाता है और चाँदी बच रहती है। चाँदी का ऑक्साइड भी होता है जो क्षारकीय होता है। किन्तु बहुत गर्म करने पर यह चाँदी और ऑक्सीजन में अपघटित हो जाता है।

चाँदी मुख्यत. आभूषण बनाने के काम आती है। इसके अलावा इसके सिक्के और बर्तन भी बनाते हैं। चाँदी का मुलम्मा चढाने के लिए सिल्वर नाइट्रेट का प्रयोग किया जाता है।

**प्रयोग 7. ताँबे या पीतल की वस्तुओं पर चाँदी का मुलम्मा चढ़ाना।**

वैद्युत अपघटन ऊष्मक में थोड़ा-सा सिल्वर नाइट्रेट घोल लीजिए जिसमे पोटासियम सायनाइड का आधिक्य हो। पोटासियम सिल्वर सायनाइड का यह घोल विद्युत अपघट्य बन जाता है। जिस वस्तु पर चाँदी चढानी होती है उसे विद्युत अपघट्य में लटका देते है और यह कैथोड बन जाता है। ऊष्मक में दूसरी ओर शुद्ध चाँदी की एक प्लेट लटका दी जाती है जो चित्र-44 की तरह एनोड बन जाती है। इसके बाद बिजली की धारा छोड़ दीजिए। आप देखेंगे कि वस्तु पर चाँदी का मुलम्मा चढ़ जाएगा।

सिल्वर नाइट्रेट और अमोनियम क्लोराइड तथा अमोनियम ब्रोमाइट की अभिक्रिया से सिल्वर हैलाइड बनते हैं जो कि फोटोग्राफी मे काम आते हैं।

**प्रयोग 8.**

एक परखनली मे थोडा-सा सिल्वर नाइट्रेट का घोल लीजिए। इसमे अमोनियम ब्रोमाइड का कुछ घोल डालिए। उस पर आपको सिल्वर ब्रोमाइड का पीलापन लिए सफेद रंग का अवक्षेप दिखाई देगा। अवक्षेप के कुछ भाग को प्रकाश के लिए प्रभाव्य रखिए। आप देखेंगे कि यह गहरे धूसर रग का हो जाएगा। अवक्षेप के दूसरे भाग की सोडियम थायोसल्फेट से अभिक्रिया कीजिए जो हाइपो के नाम से भी जाना जाता है। आप देखेगे कि हाइपो के घोल मे अवक्षेप घुल जाएगा। सिल्वर ब्रोमाइड के यही गुण इसे फोटोग्राफी मे उपयोगी बना देते है।

## 4.8 ताँबा

ताँबा एक और सामान्य धातु है। इसका भी अत्यन्त प्राचीन काल से मनुष्य इस्तेमाल करता रहा है। ताँबे और रांगे के मेल से बनी कांस्य

(Bronze) का बहुत-सा सामान बनता है और बहुत लोग उसका इस्तेमाल करते थे।

## 4.9 ताँबे की प्राप्ति और उत्पादन

शुद्ध धातु के रूप में ताँबा अमरिका में बड़ी मात्रा में मिलता है। यद्यपि यह अपने ऑक्साइडो और कार्बनेटों के रूप मे भी मिलता है किन्तु ताँबे का सबसे सामान्य स्रोत इसका सल्फाइड होता है जिसे कॉपर पाइराइट कहते हैं। ऑक्साइडो और कार्बनेटो मे से शुद्ध ताँबा धातु ऑक्साइडो और कार्बनेटों को कार्बन (कोक) के साथ गर्म करने से प्राप्त होता है। पाइराइटो का किसी काम के लिए प्रयोग करना बहुत कठिन है और इसका प्रयोग करने के लिए और धातु का उत्पादन करने के लिए विशेष अभिक्रिया की आवश्यकता पड़ती है।

विद्युत अपघटन द्वारा धातु शोधी जाती है।

## 4.10 ताँबे के गुण और उपयोग

ताँबा एक भारी, लाल रग की धातु होती है। इसमें काफी चमक रहती है। यह बहुत तन्य तथा आघातवर्ध्य होती हैं। इसी गुण के कारण इससे बहुत पतले तार और पन्नी तैयार की जा सकती है। बिजली और ऊष्मा की भी यह धातु अच्छी चालक है। सोने और चाँदी से यह कम उत्कृष्ट होती है और इसी कारण यह नम वायु मे जल्दी ही सक्षारित हो जाती है। संक्षारण से हल्के हरे रंग का एक विषैला यौगिक बनता है जिसे *वर्डीग्रिस* कहते हैं। चाँदी की तरह ताँबा भी बहुत से रसायनों के लिए प्रतिरोधी होती है। फिर भी नाइट्रिक एसिड और गर्म सांद्रित सल्फ्यूरिक एसिड (गंधक के तेजाब) में यह धातु घुल जाती है और इससे लवण बनते हैं। ताँबे के लवणों में कॉपर सल्फेट (तूतिया) सबसे अधिक महत्वपूर्ण होता है जिसका उल्लेख अध्याय-5 मे किया गया है। लोहे द्वारा ताँबे के लवणों के घोल में से ताँबा विस्थापित कर दिया जाता है क्योंकि लोहा अधिक अभिक्रियाशील होता है। (देखिए प्रयोग 2)। ताँबे के दो ऑक्साइड बनते है, एक काला जो अधिक सामान्य होता है और दूसरा लाल। ताँबे के ऑक्साइड क्षारकीय होते हैं और अम्लों में घुल जाते है जिससे लवण बनते है। ताँबे से भी धातु मिश्रण और पारद-धातु मिश्रण बनते है। ताँबे के कुछ महत्वपूर्ण धातु मिश्रण (अलाय) हैं· कास्य (ताँबा + राँगा), पीतल (ताँबा + जस्त) और *जर्मन सिल्वर* (ताँबा + जस्त + निकल)।

विद्युत उद्योग में ताँबे का बहुत प्रयोग होता है। इसके अलावा इसके सिक्के और भभके भी बनते हैं।

## 4.11 राँगा या टिन

प्रागैतिहासिक काल से मनुष्य टिन या राँगे से परिचित हैं। इस धातु का सबसे महत्वपूर्ण स्रोत इसका ऑक्साइड है, जिसे *टिन-स्टोन* कहते हैं जिसे कोक के साथ अपचयन करके धातु निकाली जाती है।

## 4.12 राँगे के गुण और उपयोग

टिन या राँगा चाँदी की तरह सफेद चमकदार धातु होती है। यह कोमल और आघातवर्ध्य होती है और इसकी पन्नी आम चीज है। वायु और जल का इस पर प्रभाव नहीं होता किन्तु यह क्षारो और अम्लो मे घुल जाती है जिससे हाइड्रोजन और लवण बनते हैं।

टिन वायु या ऑक्सीजन में जल जाती है और इससे ऑक्साइड बनते है जो क्षारकीय होते

हैं। इसके ऑक्साइड अम्लों मे घुल जाते हैं जिससे लवण बनते हैं। इन लवणो मे से स्टैनस क्लोराइड सबसे महत्वपूर्ण होता है। लोहा राँगे के लवणों के घोल मे से राँगे को विस्थापित कर देता है।

**प्रयोग 9.**

स्टैनस क्लोराइड का सान्द्रित घोल एक बीकर में लेकर उसमे लोहे के कुछ तार डालिए। आप देखेंगे कि तारो पर सफेद चमकदार मुलम्मा चढ जाएगा। यह तार पिने बनाने के काम आते है।

टिन बहुत उपयोगी धातु है। ताँबे और लोहे की चीजों पर टिन का मुलम्मा चढाने मे यह बहुत काम आती है और इससे पन्नी भी बनती है। इससे कई उपयोगी अलाय जैसे कास्य और मुलायम टाँका (सीसा+राँगा) बनते हैं। यह पारद मे घुल जाती है और इससे जो अमलगम बनता है उसे *टिन अमलगम* कहते हैं।

## 4.13 सीसा

प्रकृति में सीसा शुद्ध रूप से नही मिलता। यह मुख्यतः सल्फाइड के रूप में मिलता है जिसे *गैलेना* कहते हैं। इससे सीसा प्राप्त करने के लिए पहले सल्फाइड को भूना जाता है और फिर इसका अपचयन किया जाता है।

## 4.14 सीसे के गुण और उपयोग

सीसा भारी, चमकदार, नीले-(धूसर) रंग की धातु होती है। वह काफी मुलायम होती है और इसे चाकू से काटा जा सकता है। इससे कागज पर काला निशान पड़ जाता है। यह *तन्य* और आघातवर्ध्य होती है। यह ऊष्मा और विद्युत की चालक है। वायु और बहुत से अम्लों की यह प्रतिरोधक है, किन्तु नाइट्रिक एसिड में तुरंत घुल जाती है। इससे लैड नाइट्रेट बनता है जो सीसे का सबसे महत्वपूर्ण लवण होता है। लैड एसिटेट इसका एक और महत्वपूर्ण लवण होता है। सीसे के बहुत से ऑक्साइड बनते हैं, जिनमे से अधिकाश अम्लों मे घुल जाते है और घुलने पर जो लवण बनते हैं वे क्षारकीय होते हैं। सीसे के लवण विषैले होते हैं। सीसे के नमूने आसानी से मिल जाते हैं और इनकी सहायता से इसके गुणो का अध्ययन किया जा सकता है।

नल (पाइप), बिजली के तारों के आच्छद, संचायक सैलो की प्लेटो और गंधक अम्ल (सल्फ्यूरिक एसिड) बनाने के काम मे आने वाले कक्ष (चैम्बरो) में सीसे का काफी प्रयोग होता है। इससे कई उपयोगी अलाय या धातु मिश्रण बनते है और पारे के साथ एक अमलगम भी बनता है। अलायों में से कुछ *मुद्रण धातु* (सीसा+एन्टीमनी+टिन) और मुलायम टाँका (सीसा+टिन) बनाने के काम आती है।

## 4.15 पारा

पारद या पारा भी एक ऐसी ही धातु है जो बहुत प्राचीन काल से मनुष्य को ज्ञात है। यहाँ यह जानना भी अच्छा होगा कि प्राचीन काल में हिन्दू लोग पारद के यौगिकों से बहुत-से रोगो की चिकित्सा करते थे।

पारे का मुख्य स्त्रोत इसका एक सल्फाइड है जिसे लाल *सिंगरफ* या *सिनाबार* कहते हैं, और जो स्पेन में मिलता है। सिनाबार को वायु में भून कर इससे धातु निकाली जाती है। सल्फाइड पहले ऑक्साइड मे बदलता है और फिर इसका

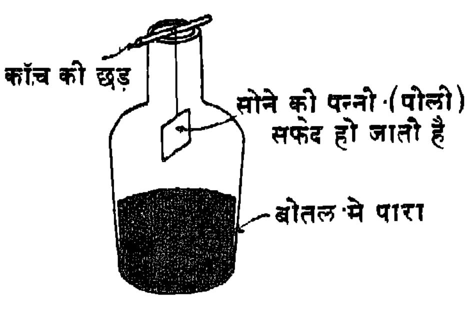
अपघटन शुद्ध धातु और ऑक्सीजन में होता है।

## 4.16 पारद के गुण और उपयोग

पारद ही केवल ऐसी ज्ञात धातु है जो तरल होती है। अध्ययन के लिए यह आसानी से मिल जाती है। यह सफेद रग की होती है और इसमें बडी चमक होती है। यह बहुत भारी होती है और इसका विशिष्ट घनत्व 13·6 है। ऊष्मा और विद्युत की यह अच्छी चालक है। इसी कारण यह वायु दाबमापी (बैरोमीटर), तापमापी (थर्मामीटर) और दाबांतरमापी (मैनोमीटर) जैसे यंत्रों में इस्तेमाल की जाती है। सामान्य तापमान पर इस धातु से वाष्प निकलती है। पारद की वाष्प अत्यन्त विषैली होती है, इसलिए इसे खुले डिब्बो या बर्तनो आदि में नही रखना चाहिए।

**प्रयोग 10**

डाट लगी हुई बोतल मे थोड़ा-सा पारा लीजिए। जैसा कि चित्र-45 मे दिखाया गया है, पारे के ऊपर सोने की एक पतरी लटकाइए। आप देखेंगे कि धीरे-धीरे यह पतरी सफेद हो जाएगी। इससे यह पता चलता है कि सामान्य तापमानो पर भी पारद में से वाष्प निकलती है और सोने की पतरी पर जम जाती है जिससे पतरी का रंग पीले से सफेद हो जाता है।




चित्र-45. *पारद से वाष्प निकलती है*

वायु, जल और क्षारों का पारे पर कोई प्रभाव नहीं होता। फिर भी इसे 360 डिग्री से० पर गर्म किया जाए तो ऑक्सीजन से मिल कर पारे का लाल ऑक्साइड बन जाता है जिसे *मरक्यूरिक ऑक्साइड* कहते है। जब इस ऑक्साइड को और अधिक तापमान पर गर्म किया जाता है तो यह पारद और ऑक्सीजन में अपघटित हो जाता है। ऑक्साइड अम्लों में घुल जाता है जिससे लवण बनते हैं और इस कारण ये क्षारकीय होते हैं।

हाइड्रोक्लोरिक एसिड और तनु सल्फ्यूरिक एसिड का पारे पर कोई प्रभाव नहीं होता। गर्म सान्द्रित सल्फ्यूरिक एसिड और नाइट्रिक एसिड मे पारा घुल जाता है और इससे सगत लवण (सल्फेट और नाइट्रेट) बनते हैं। मरक्यूरस क्लोराइड को *कैलोमल* और मरक्यूरिक क्लोराइड को *कोरोसिव सब्लीमेट* कहते है। ये दोनो पारद के महत्वपूर्ण लवण है जिनका औषधियो में प्रयोग होता है। पारे के सभी लवण जहरीले होते हैं और इस कारण इनके इस्तेमाल में सावधानी बरतनी चाहिए।

## 4.17 ऐल्युमिनियम

यद्यपि ऐल्युमिनियम शुद्ध रूप मे नहीं मिलता किन्तु यौगिकों के रूप में यह बहुत व्यापक परिमाण मे बिखरा हुआ मिलता है। उदाहरण के लिए साधारण मिट्टी मे ऐल्युमिनियम सैलीकेट होता है। फिर भी ऐल्युमिनियम का मुख्य स्त्रोत इसका ऑक्साइड है जिसे *बॉक्साइड* कहते हैं। शुद्ध किए हुए बॉक्साइड को विद्युत द्वारा अपघटित करके ऐल्युमिनियिम निकाला जाता है। शुद्ध ऐल्युमिनियम कैथोड पर जमा होता है। ऐल्युमिनियम के निर्माण की यही विधि है।

## 4.18 ऐल्युमिनियम के गुण और उपयोग

ऐल्युमिनियम बहुत रूपों में मिलता है। ऐल्युमिनियम सफेद धातु है, जिसमे चमक होती है। यह बहुत हल्की, तन्य और आघातवर्ध्य धातु है। बिजली और ऊष्मा की भी यह चालक होती है। जल और वायु की क्रिया की यह प्रतिरोधक है। 100 डिग्री सें० पर ऐल्युमिनियम का चूर्ण जल को अपघटित कर देता है, जिससे हाइड्रोजन निकलती है।

ऐल्युमिनियम हाइड्रोक्लोरिक और सल्फ्यूरिक एसिडों में घुल जाता है जिससे संगत लवण (क्लोराइड और सल्फेट) बनते हैं। यह ऑक्सीजन मे जलती है जिसमे ऑक्साइड बनते है जो अम्लों में घुल कर लवण बनाते हैं और इस कारण यह लवण क्षारकीय होते हैं। ऐल्युमिनियम के सबसे महत्वपूर्ण लवण ऐल्युमिनियम क्लोराइड, ऐल्युमिनियम सल्फेट और फिटकरी होते है। ऐल्युमिनियम के बहुत-से उपयोग है। खाना बनाने के हर प्रकार के बर्तन ऐल्युमिनियम से बनते है। रंग-रोगन, उद्योग में ऐल्युमिनियम का चूर्ण इस्तेमाल होता है। विद्युत उद्योग में ऐल्युमिनियम के तार काम आते हैं।

कुछ उपयोगी धातु मिश्रण अर्थात अलाय भी ऐल्युमिनियम से बनते है। इसमे से कुछ महत्वपूर्ण हैं; मैग्नेलियम, (मैग्नीसियम+ऐल्युमिनियम), *ऐल्युमिनियम कांस्य* (90–98 प्रतिशत *कांस्य*+2-10 प्रतिशत ऐल्युमिनियम) और ड्यूरलुमिन (ऐल्युमिनियम+ताँबा+मैग्नीसियम और मैंगेनीज की सूक्ष्म मात्रा)। यह अलाय वायुयान बनाने तथा बाइसिकिल के पुर्जे बनाने के काम आते हैं।

## 4.19 लोहा

यद्यपि प्रायः सभी उल्का पिंडो में शुद्ध लोहा मिलता है किन्तु प्रकृति में लोहा शुद्ध रूप मे नहीं पाया जाता है। यह प्राय. ऑक्साइड, कार्बोनेट और सल्फाइड के रूप मे मिलता है। लोहा मुख्यतः *हैमेटाइट* नामक ऑक्साइड से निकाला जाता है। इसके लिए ऑक्साइड को चूने के पत्थर और कोक के साथ मिलाकर *झोंका भट्टी* नामक एक विशेष भट्टी मे गर्म किया जाता है। पिघले हुए लोहे को रेत के बने हुए साँचों मे जमा किया जाता है। इस प्रकार बने हुए लोहे को *ढलवाँ लोहा,* या *कच्चा लोहा* कहते है। यह लोहा भंगुर होता है। विशेष विधियों द्वारा कच्चे लोहे को *पिटवाँ लोहे* मे बदला जाता है जो आघातवर्ध्य होता है। कच्चे लोहे को इसी प्रकार इस्पात मे परिवर्तित किया जाता है जो कठोर और सशक्त होता है। इन तीनो प्रकार में कार्बन की मात्रा भिन्न-भिन्न होती है। सामान्य लोहा नम वायु मे जग पकड लेता है। किन्तु आजकल हम लोग जगरोधी इस्पात अर्थात स्टेनलेस स्टील से परिचित है, जिस पर जंग नही लगती और जिसका बहुत से कामो के लिए प्रयोग किया जाता है, विशेष रूप से खाना पकाने के बर्तनो मे। इस्पात मे निश्चित मात्रा मे क्रोमियम और निकिल मिलाकर जगरोधी इस्पात तैयार किया जाता है।

## 4.20 लोहे के गुण और उपयोग

लोहा सामान्यतः बहुत-से रूपो मे मिलता है। यह धूसर से सफेद रग की धातु है। यह तन्य और आघातवर्ध्य है। किन्तु लोहे का यह गुण कार्बन और अन्य अशुद्धताओ के अनुसार बदलता रहता है। लोहा ऊष्मा और विद्युत का चालक है।

ऑक्सीजन के साथ मिल कर लोहे का ऑक्साइड बनता है। यह ऑक्साइड अम्लों मे घुल कर लवण बनाता है जो क्षारकीय होते है। हाइड्रोक्लोरिक

एसिड और सल्फ्यूरिक एसिड में लोहा घुल जाता है जिससे सगत लवण (क्लोराइड और सल्फेट बनते हैं। लोहे से दो प्रकार के लवण बनते है जो फेरस और फैरिक लवण कहलाते है। इन सबमें सबसे अधिक महत्वपूर्ण फेरस सल्फेट और फैरिक क्लोराइड है जो प्रयोगशाला मे अभिकर्मक की भाँति काम आते है। लोहा बहुत ही उपयोगी धातु है और बहुत से उद्योग इसी पर आधारित है। सभी प्रकार की मशीनरी, लोहे की छड़ें, गर्डर, चादरें आदि बहुत-सी चीजें लोहे से बनती है। इस्पात का प्रयोग युद्ध पोतो और टैंकों की आर्मर प्लेटें बनाने मे किया जाता है। जगरोधी इस्पात से हर प्रकार के बर्तन बनते हैं। उच्च कोटि की चाकू, छुरियाँ आदि भी इसीसे बनती हैं।

## संक्षेप

धातुएँ मूलतत्व है। वे ऑक्साइड बनाती हैं जो क्षारकीय होते है।

धातुओ मे केवल पारद ही तरल होती है। अन्य धातुएँ ठोस होती हैं।

सोना उत्कृष्ट धातुओं मे से एक है। इस पर सामान्य अम्लों और क्षारो का प्रभाव नही होता। फिर भी यह एक्वारेगिया मे घुल जाता है और वायु की उपस्थिति मे पोटासियम सायनाइड मे घुल जाता है। अन्य धातुएँ अकार्बनिक खनिज अम्लो मे घुल जाती है।

धातुएँ आमतौर से आघातवर्ध्य और तन्य होती है अर्थात उन्हें हथोड़े से पीटकर चादरो या पन्नी के रूप में बढ़ाया जा सकता है या खींचकर उनके तार बनाए जा सकते है। वे बिजली और ऊष्मा की चालक होती हैं और साधारणतया भारी होती हैं। सबसे अच्छी चालक चाँदी होती है और उसके बाद ताँबा।

अम्लो के साथ अभिक्रिया द्वारा धातुएँ लवण बनाती है।

धातुओं को जब वायु या ऑक्सीजन मे गर्म किया जाता है तो उनसे ऑक्साइड बनते हैं।

लोहा, तीन रूपो मे इस्तेमाल किया जाता है; कच्चा या ढलवाँ लोहा, पिटवाँ लोहा और इस्पात।

चाँदी, पारा, राँगा (टिन) और ऐल्युमिनियम सफेद होते हैं।

सोना पीला होता है। ताँबा लाल होता है। सीसा नीला-धूसर होता है। लोहा भूरा-धूसर सफेद होता है।

अलाय या धातु-मिश्रण दो या अधिक धातुओं का समांगी मिश्रण है।

अलाय शुद्ध धातुओ की अपेक्षा अधिक उपयोगी होती है।

*अमलगम* किसी धातु के पारद के साथ धातु-मिश्रण को कहते हैं।

प्राकृतिक स्रोतों से शुद्ध धातुओं को पृथक करने के विज्ञान को धातु-कर्म कहा जाता है।

## दोहराने के लिए प्रश्न

1. धातुएँ क्या होती है ? अधातुओं से वे किस प्रकार भिन्न होती है ।
2. कुछ सामान्य धातुओं के नाम दीजिए । वे देखने में कैसी लगती हैं ? धातुओं के कुछ अभिलक्षणिक गुण बताइए ।
3. सोना और चाँदी उत्कृष्ट धातु क्यों कहलाती है ?
4. पारे के गुण और उपयोग बताइए।
5. कुछ ऐसी सामान्य धातुओं के नाम बताइए जो प्रकृति के रूप में अर्थात मूलतत्व के रूप में ही पाई जाती है ।
6. कुछ ऐसी धातुओं के नाम बताइए जो शुद्ध नही मिलती बल्कि संयुक्त रूप मे मिलती है ।
7. लोहे की व्यापारिक किस्में कौन-सी हैं ? इनमे क्या अंतर होता है ?
8. जब ऐसा होता है तो आपको क्या दिखाई देता है :
   क) जस्त को सिल्वर नाइट्रेट के घोल में रखा जाता है ।
   ख) सोने को पारद में डुबाया जाता है और बाद में गर्म किया जाता है ।
   ग) धातु के तार के सिरे को बैटरी से जोड दिया जाता है ।

अध्याय 5

# कुछ सामान्य लवण

## 5.1 लवण क्या होते हैं ?

रासायनिक यौगिक दो या अधिक रासायनिक मूलतत्वों के संयोग से बनते हैं। इनमें से कुछ मूलतत्व जैसे सोडियम, पोटासियम और कैल्सियम ऑक्सीजन से मिलकर सोडियम ऑक्साइड, पोटासियम ऑक्साइड और कैल्सियम ऑक्साइड बनाते है। कैल्सियम ऑक्साइड को चूना भी कहते है और इसे एक प्रारूपिक उदाहरण माना जा सकता है। यह ऑक्साइड प्रकृति से क्षारकीय होते हैं और पानी मे घुल जाते हैं, जिससे सोडियम हाइड्रॉक्साइड, पोटासियम हाइड्रॉक्साइड, तथा कैल्सियम हाइड्रॉक्साइड बनते है। इनके जलीय घोलों से लाल लिटमस नीला हो जाता है। ये पदार्थ *क्षारक* या अम्ल कहलाते है।

दूसरी ओर नाइट्रोजन, सल्फर (गधक), कार्बन और फॉस्फोरस जैसे मूलतत्व ऑक्सीजन के साथ अभिक्रिया द्वारा नाइट्रोजन पैन्टाक्साइड, सल्फर डाइऑक्साइड, कार्बन डाइऑक्साइड और फॉस्फोरस पैन्टाक्साइड बनाते है, जिन्हें प्रारूपिक उदाहरण माना जा सकता है। इन ऑक्साइडों के गुण अम्लीय होते है। ये पानी मे घुल जाते है, जिससे क्रमश: नाइट्रिक एसिड, सल्फ्यूरस एसिड, कार्बोनिक एसिड, और फॉस्फोरिक एसिड बनते है। इनके जलीय घोलो से नीला लिटमस लाल हो जाता है। एक अन्य महत्वपूर्ण अम्ल हाइड्रोक्लोरिक एसिड है। यह हाइड्रोजन और क्लोरीन के मेल और फिर दोनों के पानी में घुलने से बनती है।

इस प्रकार रासायनिक यौगिक दो प्रकार के होते है; जैसे सोडियम हाइड्राक्साइड, पोटासियम हाइड्राक्साइड और कैल्सियम हाइड्राक्साइड जैसे क्षारक और नाइट्रिक एसिड, सल्फ्यूरस एसिड, कार्बोनिक एसिड, फॉस्फोरिक एसिड और हाइड्रोक्लोरिक एसिड जैसे अम्ल। जब कोई क्षारक किसी अम्ल से अभिक्रिया करता है तो एक तीसरा रासायनिक यौगिक बन जाता है, जिसे *लवण* कहते है। इस अभिक्रिया को *उदासीनीकरण* की क्रिया कहा जाता है।

**प्रयोग 1. लवणों का उदासीनीकरण और निर्माण**

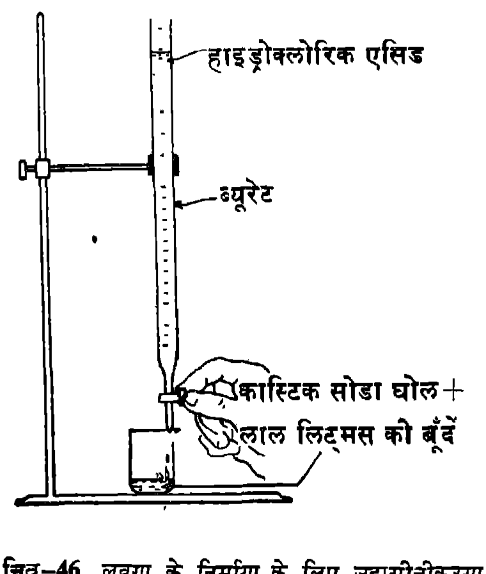
एक बीकर में लगभग 10 घन सीसी (cc) सोडियम हाइड्राक्साइड का घोल लीजिए। चित्र-46 की भाँति थोड़ा-सा तनु हाइड्रोक्लोरिक एसिड घोल ब्युरेट में

---

इस अध्याय में प्रतीक (सिम्बल) और सूत्र (फार्मूला) का उपयोग केवल सुविधा के लिए प्रारंभ किया गया है। इनका पूर्ण महत्व और उपयोग अध्याय 7 मे बताया गया है।

डालिए जो कि सीधा खडा किया हुआ हो। बीकर में लाल लिटमस घोल की दो बूंदें छोडिए। आप देखेंगे कि लाल रंग नीले में बदल जाता है। अब ब्यूरेट मे से बूंद-बूंद करके अम्ल छोड़िए। और तब तक छोडते जाइए जब तक कि नीला रग बस लाल हो जाए। इस समय क्षारक को अम्ल द्वारा उदासीनीकृत कहा जाता है। इसे वाष्पन द्वारा सुखाकर जो अवशेष बचेगा वह सामान्य या खाने का नमक होगा। इस अवशेष को पानी मे घोलिए। आप देखेंगे कि इस घोल का लिटमस पर कोई प्रभाव नही होता। *अत: लवण लिटमस के लिए उदासीन है।*

प्रकृति मे बहुत से लवण पाए जाते हैं और बहुत दृष्टियों से वे बहुत महत्व रखते है। भिन्न-भिन्न धातुओं के ये लवण क्लोराइड, सल्फेट नाइट्रेट और कार्बोनेट होते है।




**चित्र–46.** *लवण के निर्माण के लिए उदासीनीकरण*

## कुछ सामान्य प्रारूपिक लवण

### 5.2 नमक का सोडियम क्लोराइड (NaCl)

नमक प्रकृति मे व्यापक रूप में मिलता है। समुद्र जल में यह भारी परिमाण मे होता है और नदियो के जल मे नगण्य परिमाण में। भारत मे राजस्थान की साभर झील मे बहुत नमक मिलता है और यह नमक का मुख्य स्रोत है। पृथ्वी के भीतर खनिज के रूप में भी नमक या साधारण लवण मिलता है। ऐसे नमक को *सेंधा नमक* या *राक साल्ट* कहते है। पाकिस्तान के खेवडा नामक स्थान में इस नमक की बहुत बडी खान है और हिमाचल प्रदेश मे मडी मे भी छोटी-सी खान है।

अधिकांश नमक समुद्र जल का वाष्पन करके प्राप्त होता है। सेंधा नमक या राक साल्ट नमक की खानों में विस्फोट करके या बडे-बडे ढेलो को तोड़कर निकाला जाता है। जहाँ भूगर्भ में नमक की खाने होती हैं वहाँ प्राय: नमक की परतों मे पानी पहुँचा कर और उसमे नमक को घोलकर बाहर निकाला जाता है। इस प्रकार जो *खारा पानी* भीतर से पंपों द्वारा निकलता है उसे वाष्पित करके नमक बनाते है।

सौलर नमक समुद्र जल या खान में से निकले हुए खारी पानी को चट्टान या मिट्टी की क्यारियो में वाष्पित करके बनाया जाता है। इन क्यारियो को कड़ाह या पैन कहते है। सांद्रित खारे पानी या लवण जल मे से नमक रवे के रूप में निकल आता है। इसे जमा करके सुखा देते है। यही कच्चा नमक होता है। कच्चे नमक को विशेष विधियो द्वारा शुद्ध किया जाता है जिनका आगे चलकर उल्लेख किया गया है।

## 5.3 नमक या सोडियम क्लोराइड के गुण और उपयोग

शुद्ध नमक या सामान्य लवण सफेद रवेदार ठोस पदार्थ है जो पानी मे घुल जाता है ।

**प्रयोग 2**

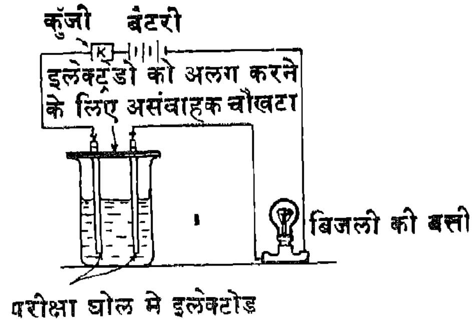
एक परखनली मे थोड़ा-सा नमक लेकर उसे गर्म कीजिए । आप देखेंगे कि नमक के रवो के टूटने से चटचटाने की आवाज आएगी । यह आवाज रवों या क्रिस्टलों के टूटने से निकलती है। इस बात को *कड़कड़ाना* कहते है । लवण ऊष्मा से अपघटित नहीं होता ।

**प्रयोग 3.**

चित्र-47 की भाँति उपकरण को जमाइए । इसमें एक बैटरी, बिजली का छोटा-सा बल्ब और एक बीकर में नमक का घोल ले लीजिए । बिजली के सरकिट में एक 'की' (key) भी रहनी चाहिए । अब बिजली की धारा छोड दीजिए । आप देखेंगे कि बिजली का बल्ब जलेगा जिससे यह प्रकट होगा कि बिजली की धारा घोल में से गुजर रही है। नमक जैसे पदार्थ जिनके घोल (अथवा संलीन अवस्था) मे से विद्युत धारा प्रवाहित होती है उन्हें *विद्युत अपघट्य* कहते है।

नमक का घोल विद्युत धारा को क्यों प्रवाहित होने देता है? नमक के दो भाग होते हैं, जिन्हें 'आयन' कहा जाता है। एक भाग सोडियम आयन ($Na^+$) होता है जिसमें विद्युत का धनात्मक चार्ज (positive charge) होता है और दूसरे में क्लोराइड आयन ($Cl^-$) होता है जिसमें ऋणात्मक चार्ज (negative charge) होता है। दोनो आयन विद्युत-विरोधी चार्जों के परस्पर आकर्षण से एक-दूसरे-से जुड़े रहते हैं। जब लवण पानी में घुल जाता है तो आकर्षण की शक्तियाँ टूट जाती है और आयन अलग-अलग हो जाते हैं। घोल मे यही आयन विद्युत धारा को बहने में सहायता देते हैं। बहुत-से लवण ऐसा ही व्यवहार करते है।

नमक एक अपघट्य है। अन्य बहुत से नमकों में यह गुण होता है ।




चित्र 47 *आयनन और चालकता*

**प्रयोग 4.**

एक परखनली में थोड़ा-सा सोडियम क्लोराइड (नमक) लीजिए। इसमें कुछ सान्द्रित सल्फ्यूरिक एसिड डालिए और इस मिश्रण को गरम कीजिए। आप देखेंगे कि एक रंगहीन और तीखी गैस निकलेगी। यह *हाइड्रोजन क्लोराइड* है और यह अम्लीय गैस है। यह गीले और नीले लिटमस कागज को लाल कर देती है।

*सब अम्लों से नीला लिटमस लाल हो जाता है। क्षार लाल लिटमस को नीला कर देते हैं। नमक लिटमस के लिए उदासीन होता है।*

**प्रयोग 5.**

एक परखनली मे आसुत जल मे नमक घोलिए।

इसमें थोड़ा-सा सिल्वर नाइट्रेट घोल मिलाइए। आप देखेंगे कि सिल्वर क्लोराइड का सफेद अवक्षेप बन जाएगा।

सोडियम क्लोराइड + सिल्वर नाइट्रेट → सिल्वर क्लोराइड (सफेद अवक्षेप) + सोडियम नाइट्रेट।

सोडियम नाइट्रेट घोल मे रह जाता है। यह क्लोराइड आयन ($Cl^-$) की विशिष्ट अभिक्रिया या परीक्षा है।

**प्रयोग 6**

एक वाच-ग्लास मे थोड़ा-सा सोडियम क्लोराइड लेकर उसे शुद्ध सान्द्रित हाइड्रोक्लोरिक एसिड से तर कीजिए। एक प्लेटिनम तार लेकर उसे इसमे डुबाकर अदीप्त बुन्सन ज्वाला मे रखिए और ज्वाला के रंग की ओर ध्यान दीजिए। यह बहुत ही गहरे पीले रंग की हो जाएगी। यह ज्वाला सोडियम और सोडियम के सब लवणों की परीक्षा अभिलक्षण है। कुछ अन्य धातुओं के लवणों से भी इसी प्रकार ज्वाला मे रखने पर अलग-अलग रग प्रकट होते हैं। प्रत्येक धातु का भिन्न-भिन्न रंग होता है।

नमक व्यापक रूप मे खाना पकाने के काम आता है। अन्य रसायन बनाने मे भी यह भारी मात्रा मे इस्तेमाल होता है। इसके अलावा खाने और कपड़ा धोने का सोडा, कास्टिक सोडा, क्लोरीन और हाइड्रोक्लोरिक एसिड इसी से बनते हैं। चमड़े और खाद्य उद्योग मे भी नमक भारी मात्रा मे इस्तेमाल किया जाता है।

## 5.4 पोटासियम नाइट्रेट (साल्ट पीटर या नाइटर)

यह एक और महत्वपूर्ण नमक लवण है। पोटासियम नाइट्रेट के अणु में सकारात्मक पोटासियम आयन और नकारात्मक नाइट्रेट आयन होता है।

कुछ मिट्टियों के ऊपर नाइटर सफेद उत्फुल्ल ठोस पदार्थ के रूप मे प्रकट होता है। इसे एकत्रित करके पानी मे घोला जाता है और घोल को छानकर उसमें से क्रिस्टलीकरण द्वारा शुद्ध नाइटर प्राप्त किया जाता है। किन्तु आजकल नाइटर आमतौर से सोडियम नाइट्रेट जिसे चिली साल्टपीटर (chile saltpeter) कहते हैं और पोटासियम क्लोराइड को उचित अनुपात में घोलकर और फिर इस घोल के प्रभाजित क्रिस्टलीकरण द्वारा तैयार किया जाता है।

सोडियम नाइट्रेट + पोटासियम क्लोराइड → पोटासियम नाइट्रेट + सोडियम क्लोराइड

पहले तो सोडियम क्लोराइड बनता है और अलग हो जाता है और उसके बाद नाइटर का क्रिस्टलीकरण होता है। ऐसा बडी सरलता से प्रयोगशाला में किया जा सकता है।

## 5.5 पोटासियम नाइट्रेट के गुण और उपयोग

पोटासियम नाइट्रेट या नाइटर सफेद रवेदार ठोस पदार्थ है जो पानी मे घुल जाता है। इसका घोल लिटमस के लिए उदासीन होता है और विद्युत धारा का चालक है। इस प्रकार यह एक विद्युत-अपघट्य है।

**प्रयोग 7**

थोड़े-से नाइटर को एक परखनली में अच्छी तरह गर्म कीजिए। आप देखेंगे कि इसका अपघटन होता है और ऑक्सीजन गैस निकलती है जो दहन मे सहायक होती है। इसकी परीक्षा जलती हुई लकड़ी की खपची से की जा सकती है।

**प्रयोग 8**

एक परखनली मे थोडा-सा नाइटर लीजिए । इसमे कुछ सान्द्रित सल्फ्यूरिक एसिड डालिए और इसे गर्म कीजिए । ऐसा करने पर लाल भूरे रग की गैस निकलेगी। इसमे थोडी-सी ताँबे की रेतने डालने से गैस और अधिक निकलेगी। यह गैस नाइट्रोजन डाईऑक्साइड ($No_2$) कहलाती है ।

**प्रयोग 9**

नाइटर के साथ ज्वाला परीक्षा कीजिए जैसी कि नमक के साथ की थी । आप देखेंगे कि नाइटर से ज्वाला का रग गुलाबी हो जाएगा। पोटासियम के सभी रगो की यही विशेषता है ।

बारूद और आतिशबाजी, फिलट कॉच और नाइट्रिक एसिड बनाने मे नाइटर काम आता है। गेहूँ और तंबाकू की फसलों के लिए नाइटर उर्वरक के रूप में भी इस्तेमाल किया जाता है ।

## 5.6 कैल्सियम कार्बोनेट, संगमरमर, चूने का पत्थर, खड़िया ($Ca\ Co_3$)

प्रकृति मे कैल्सियम कार्बोनेट बहुत-से रूपों में प्राप्त होता है; जैसे सगमरमर, चूने का पत्थर और खडिया। इसका एक और पारदर्शक तथा रवेदार प्रकार भी पाया जाता है, 'जिसे आइसलेंड स्पार' कहते हैं। यह समुद्री शंखो, मोतियो, और अडो के छिलकों मे होता है।

कैल्सियम कार्बोनेट सफेद अवक्षेप के रूप में उस समय प्राप्त होता है जब चूने के गर्म घोल में से कार्बन डाइआक्साइड गुजारी जाती है।

कैल्सियम हाइड्राआक्साइड+कार्बन डाइआक्साइड→ कैल्सियम कार्बोनेट+पानी ।

## 5.7 कैल्सियम कार्बोनेट के गुण और उपयोग

कैल्सियम कार्बोनेट सफेद रग का ठोस पदार्थ है और नमक से भिन्न इसमें यह बात है कि यह पानी मे नही घुलता। ज्वाला परीक्षा करने पर यह ज्वाला को ईट के रग का लाल कर देता है और कैल्सियम के लवणो की यही विशेषता है ।

**प्रयोग 10.**

एक परखनली मे थोडा-सा कैल्सियम कार्बोनेट खूब गर्म कीजिए। आप देखेंगे कि इसका अपघटन हो जाएगा और कार्बन डाइआक्साइड गैस निकलेगी और कैल्सियम आक्साइड बाकी बच रहेगा ।

कैल्सियम कार्बोनेट→कैल्सियम ऑक्साइड+ कार्बन डाइआक्साइड

इस अभिक्रिया का चूने के पत्थर को भट्टो में गर्म करके बिना बुझा हुआ चूना बनाने मे उपयोग किया जाता है।

कैल्सियम ऑक्साइड पानी मे घुल जाता है और इसके घोल से लाल लिटमस नीला हो जाता है। जिससे यह स्पष्ट हो जाता है कि यह एक क्षार है।

**प्रयोग 11.**

एक परखनली मे कुछ कैल्सियम कार्बोनेट लीजिए। फिर इसमे तनु हाइड्रोक्लोरिक एसिड डालिए। आप देखेंगे कि कार्बन डाइआक्साइड के निकलने से बुदबुदाहट होगी और कैल्सियम क्लोराइड का घोल तैयार हो जाएगा।

मूर्तियाँ बनाने और वास्तुकला की दृष्टि से सगमरमर सबसे अच्छा माना जाता है । बुझा और बिना बुझा हुआ चूना व सीमेंट आदि बनाने में काम आने वाली चीजे बनाने के लिए चूने का पत्थर काम में लाया जाता है ।

## 5.8 कॉपर सल्फेट ($CuSO_4.5H_2O$)

कॉपर सल्फेट शुद्ध रूप में नही मिलता, किन्तु जब ताँबा या ब्लैक ऑक्साइड गर्म सांद्रित सल्फ्यूरिक एसिड में घोला जाता है तो यह बडी सरलता से तैयार हो जाता है।

कॉपर (या ब्लैक ऑक्साइड) + सल्फ्यूरिक एसिड → कॉपर सल्फेट + पानी।

## 5.9 कॉपर सल्फेट के गुण और उपयोग

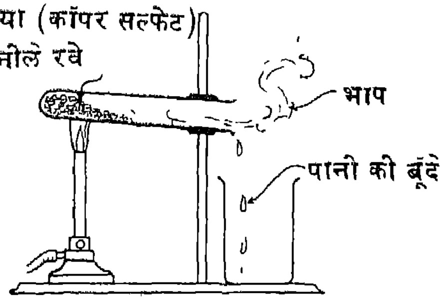
अभी तक जिन लवणो का उल्लेख किया गया है कॉपर सल्फेट उनसे भिन्न नीला, रवेदार ठोस द्रव्य होता है जो पानी मे घुल जाता है।

**प्रयोग 12**

कॉपर सल्फेट के कुछ रवे लेकर इन्हें काँच की परखनली मे खूब गर्म कीजिए। परखनली चित्र-48 की भाँति फिट की हुई होनी चाहिए। आप देखेंगे कि पानी जो भाप बनकर उड जाता है और फिर बीकर मे ही इकट्ठा कर लिया जाता है। पहले तो नमक अपना नीला रग खो देता है और अत मे निर्जल कॉपर सल्फेट सफेद चूर्ण के रूप मे बच रहता है। परखनली को ठंडा करके इसमे थोड़ा-सा पानी डाल दीजिए। आप देखेंगे कि फिर से नीला रग आ जाएगा और अधिक पानी के डालने से नीला घोल तैयार हो जाएगा।

कॉपर सल्फेट के क्रिस्टलों में जल रहता है और यह *जलयोजित लवण* कहलाता है। इसका पानी *क्रिस्टलीकरण जल* कहा जाता है।

कॉपर सल्फेट के क्रिस्टलो का नीला रंग जलयोजित होने पर घनात्मक क्यूप्रिक आयन ($Cu^{++}$) के कारण होता है।




चित्र 48. *कॉपर सल्फेट (नीला थोथा या तूतिया) के रवे का निर्जलीकरण*

**प्रयोग 13**

एक बीकर मे कॉपर सल्फेट का घोल लेकर उसमे जस्त की एक छड़ डालिए। आप देखेंगे कि घोल में से ताँबा विस्थापित होकर जस्त की छड़ पर लाल भूरे रंग की परत की शक्ल में जमा हो जाएगा। लोहे द्वारा भी ताँबा विस्थापित हो जाता है। (देखिए प्रयोग 2, अध्याय 4)।

**प्रयोग 14.**

कॉपर सल्फेट (तूतिया) की ज्वाला-परीक्षण भी कीजिए। ऐसा करने पर हरे रग की ज्वाला निकलेगी। यह सब तांबे के लवणो की विशेषता है।

**प्रयोग 15.**

एक परखनली मे पानी लेकर थोडा-सा कॉपर सल्फेट घोलिए। उसमे कुछ बेरियम क्लोराइड का घोल डालिए। ऐसा करने पर सफेद रंग का अवक्षेप बन जाएगा। यह बेरियम सल्फेट का अवक्षेप होगा और यह अम्लों में नही घुलता। यह उन सब सल्फेटों की परीक्षा है जो पानी मे घुल जाते है।

कॉपर सल्फेट ताँबे का मुलम्मा चढाने के काम आता है। यह कपड़ा रंगने और छींट छापने मे

रंगवर्धक के रूप में इस्तेमाल होता है। यह कीटाणु-नाशी और कवकनाशी के रूप मे भी काम लाया जाता है। पानी और चूने मे मिलाकर इसे कीड़े मारने के लिए पौधो पर छिडका जाता है।

## 5.10 जिप्सम कैल्सियम सल्फेट $CaSO_4\ 2H_2O$

जिप्सम प्रकृति मे भारी परिमाण मे मिलता है। ऐलाबास्टर और सेलेनाइट इसकी रवेदार किस्में हैं। चूने के पत्थर और तनु सल्फ्यूरिक एसिड (गधक का तेजाब) की अभिक्रिया से भी कैल्सियम सल्फेट तैयार किया जा सकता है।

कैल्सियम कार्बोनेट + सल्फ्यूरिक एसिड →
कैल्सियम सल्फेट + जल + कार्बन डाइआक्साइड

## 5.11 जिप्सम के गुण और उपयोग

जिप्सम एक सफेद रवेदार ठोस पदार्थ है जो थोड़ा-थोड़ा पानी मे घुल जाता है।

**प्रयोग 16**

परखनली मे जिप्सम के कुछ टुकडे लेकर 120 डिग्री से० पर गर्म कीजिए। आप देखेंगे कि इसमें से थोडा-सा पानी निकलेगा और सफेद चूर्ण शेष रह जायगा। इस चूर्ण में थोडा पानी मिलाइए। आप देखेंगे कि यह जम जाता है। इस चूर्ण को *प्लास्टर ऑफ पैरिस* कहते है।

इस प्रयोग को दोहराइए। जिप्सम को 200 डिग्री सें० से ऊपर गर्म कीजिए। अब आप देखेंगे कि पानी की उपस्थिति मे यह अब नही जमता। इस प्रकार आपने यह देखा कि बहुत गर्म करने से प्लास्टर ऑफ पैरिस की जमने की शक्ति समाप्त हो जाती है। इस अवस्था मे जिप्सम को *मृत दग्ध* (dead burnt) कहते है।

कार्बन के साथ गर्म करने पर जिप्सम को अपचयित करके कैल्सियम सल्फाइड बनाया जा सकता है। जब कैल्सियम सल्फाइड को किसी अम्ल के साथ अभिक्रिया की जाती है, तो उसमे हाइड्रोजन सल्फाइड निकलती है।

**प्रयोग 17**

कठोर कॉच की परखनली मे जिप्सम का चूर्ण और कोयले का चूर्ण मिलाकर लीजिए और गर्म कीजिए। गर्म मिश्रण की हाइड्रोक्लोरिक एसिड से अभिक्रिया कीजिए। आप देखेंगे कि ऐसा करने पर एक बदबूदार गैस निकलेगी। इस गैस को *हाइड्रोजन सल्फाइड* भी कहते है।

अमोनियम सल्फेट बनाने मे जिप्सम का प्रयोग किया जाता है। अमोनियम सल्फेट एक उपयोगी उर्वरक है। सीमेंट और दीवारों पर किए जाने वाले प्लास्टरो के बनाने में जिप्सम बहुत काम आता है। कागज पर चमक लाने या भरत के काम में और रंगीन चाक या पेस्टल के रंग तैयार करने में भी जिप्सम इस्तेमाल होता है। प्लास्टर ऑफ पैरिस इसी से बनता है जो कि मूर्तियाँ खिलौने, गहने, अस्पतालों मे पट्टियाँ आदि बाँधने के काम आता है। ऐलाबास्टर जिप्सम की ही एक किस्म है जो प्याले, प्लेटें और बर्तन आदि बनाने मे प्रयुक्त होता है।

## 5.12 अमोनियम क्लोराइड ($NH_4Cl$)

अमोनियम क्लोराइड भी एक और सामान्य लवण है, जिसका बहुत इस्तेमाल होता है और जिसे बहुत लोग जानते है। इसे ऊर्ध्वपातन द्वारा शुद्ध किया जाता है। प्रयोगशाला में यह हाइड्रो-क्लोरिक एसिड मे से अमोनिया को गुजार कर तैयार किया जाता है।

अमोनिया + हाइड्रोजन क्लोराइड →
अमोनियम क्लोराइड

## 5.13 अमोनियम क्लोराइड के गुण और उपयोग

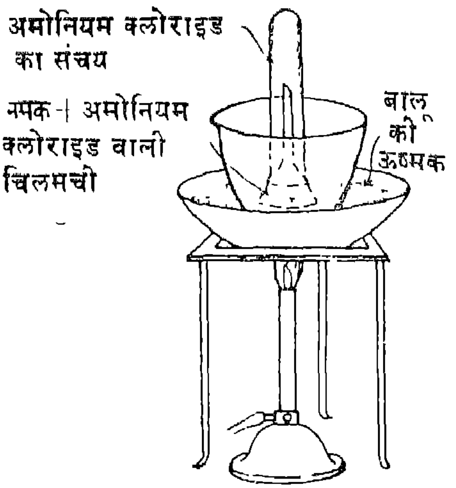
शुद्ध अमोनियम क्लोराइड सफेद क्रिस्टलीय (रवेदार) ठोस पदार्थ है जो बहुत जल्द पानी मे घुल जाता है। जब यह पानी मे घुलता है तो इससे ठंडक निकलती है। जब यह गर्म किया जाता है तो इसका ऊर्ध्वपातन हो जाता है।

**प्रयोग 18.**

चित्र 49 की तरह थोड़ा-सा नमक और अमोनियम क्लोराइड एक चीनी की परत मे लेकर और उस पर एक कीप उल्टी रख कर गर्म कीजिए। आप देखेंगे कि अमोनियम क्लोराइड वाष्पित होकर कीप की दीवारों पर जमा हो जाएगा। इस घटना को ऊर्ध्वपातन कहते हैं और अमोनियम क्लोराइड तथा नमक के मिश्रण मे से दोनों को अलग-अलग करने के लिए इसका उपयोग किया जाता है। लवण अवाष्पशील है और इस कारण इसका वाष्पन नहीं होता जब कि अमोनियम क्लोराइड का वाष्पन हो जाता है। बहुत गर्म करने पर अमोनियम क्लोराइड अपघटित होकर अमोनिया और हाइड्रोजन क्लोराइड मे बदल जाता है।

**प्रयोग 19**

एक परखनली मे अमोनियम क्लोराइड को कास्टिक सोडा घोल या बुझे हुए चूने के साथ गर्म कीजिए। ऐसा करने पर एक तीखी गैस




चित्र-49. *उर्ध्वपातन (नमक और अमोनियम क्लोराइड को अलग करना)*

निकलेगी। अब कॉच की एक छड़ को हाइड्रोक्लोरिक एसिड में भिगोकर परखनली मे डालिए। आप देखेंगे कि सफेद धूम निकलने लगेगा। इस गैस से लाल लिटमस नीला हो जाएगा। इस गैस को *अमोनिया गैस* कहते हैं। यह वायु से हल्की होती है और इसे वायु के नीचे की ओर विस्थापन द्वारा एकत्रित किया जा सकता है।

टॉका लगाने और खाने-पीने के बर्तनों पर रॉगा चढाने मे अमोनियम क्लोराइड का काफी इस्तेमाल होता है। लैक्लानचे और बैटरियो के सूखे सेलो में बिजली बनाने के लिए अमोनियम क्लोराइड काम मे लाया जाता है। यह औषधियाँ बनाने, कपडा रगने और छीट की छपाई में इस्तेमाल किया जाता है। प्रयोगशाला के लिए यह एक महत्वपूर्ण अभिकर्मक है।

## संक्षेप

*अम्ल*, *क्षारक* और *लवण* यौगिकों के तीन भिन्न प्रकार है।

जब कोई अम्ल किसी क्षारक से अभिक्रिया करता है तो लवण बनता है।

इस अभिक्रिया को *उदासीनीकरण* कहते है।

लवण प्रायः रंगहीन होते है किन्तु बहुत-से रंगीन भी होते है।

लवण विद्युत अपघट्य होते है और *अम्ल* तथा *क्षारक* भी ऐसे ही होते है।

*विद्युत अपघट्य* वह पदार्थ है जो घोल रूप में विद्युत आवेशित कण उत्पन्न करते हैं जिन्हें आयन कहते हैं, और साथ ही जो विद्युत धारा के चालक होते है। नकारात्मक आयनों को *ऋणायन* कहते है और सकारात्मक आयनों को *धनायन* कहते है।

लवणो से अदीप्त बुन्सन ज्वाला मे रंग आ जाता है। यह रंग उनके धनायनो के कारण आता है।

जब किसी लवण के क्रिस्टल (रवे) के गर्म होने पर कड़कड़ाहट के साथ टूटते है तो यह एक विशेष घटना मानी जाती है।

क्रिस्टलीकरण जल उस पानी को कहते है जो किसी पदार्थ की संयुक्तावस्था मे उसके क्रिस्टलो मे मौजूद रहता है। वे लवण जिनमे क्रिस्टलीकरण जल रहता है *जलयोजित लवण* कहलाते है।

वही लवण गर्म होने पर बिना पिघले जब वाष्पित होते और फिर से ठंडा होने पर ठोस रूप मे जम जाते है तो इस घटना को *ऊर्ध्वपातन* कहा जाता है।

जब कोई जलयोजित लवण वायु के लिए प्रभाव्य हो तो उसके क्रिस्टलीकरण जल का कुछ भाग निकल जाता है और यह चूर्ण का रूप ले लेता है। ऐसे लवण को *उत्फुल्ल लवण* कहते है और इस घटना को *उत्फुल्लन* कहा जाता है।

## दोहराने के लिए प्रश्न

1 क्षारक, अम्ल और लवण क्या होते है? प्रत्येक के तीन-तीन उदाहरण दीजिए।

2 लवण एक विद्युत अपघट्य है, यह कहने का क्या अर्थ होता है?

3 ऋणायन और धनायन क्या होते है? उदाहरण देकर समझाइए।

4 नमक के मुख्य स्रोत क्या है? नमक के उपयोग बताइए।

5 नमक के तीन गुण बताइए।

6 संक्षेप में बताइए कि नाइटर कैसे प्राप्त किया जाता है ? इसके उपयोगों का उल्लेख कीजिए और इसके तीन गुण बताइए ।

7 संगमरमर क्या होता है ? चूने के पत्थर या चाक से यह कैसे भिन्न है ?

8 ऐसा करने पर क्या होता है :

(i) संगमरमर को गर्म करने पर ।

(ii) संगमरमर के चूर्ण और हाइड्रोक्लोरिक एसिड की अभिक्रिया होने पर ।

9 संगमरमर, चूने के पत्थर और चाक के महत्वपूर्ण उपयोग बताइए । उस गैस का नाम बताइए जो इनमें से किसी को भी हाइड्रोक्लोरिक एसिड के साथ मिलाकर गर्म करने पर निकलती है ।

10 कॉपर सल्फेट कैसे बनता है ? इसके महत्वपूर्ण उपयोग बताइए । यह समझाइए कि कॉपर सल्फेट तूतिया के नीले रवे गर्म करने पर सफेद क्यों हो जाते हैं ।

11 ऐसा होने पर क्या होता है :

(i) परखनली में कॉपर सल्फेट के रवे गर्म करने पर।

(ii) दो बीकरों मे कॉपर सल्फेट का घोल लेकर उनमें से एक मे लोहे की कील और दूसरे मे जस्त की छड़ डालने पर ।

12 जिप्सम क्या है ? इसके अन्य प्रकार बताइए । जिप्सम के भिन्न प्रकारों के महत्वपूर्ण उपयोगो का वर्णन कीजिए ।

13 जब जिप्सम को 120 डिग्री सें० पर गर्म किया जाता है तो कौन-सी वस्तु बनती है ? उस वस्तु के विभिन्न उपयोग बताइए ।

14 ऐसा करने पर क्या होता है :

(i) जिप्सम को पत्थर या लकडी के कोयले के चूर्ण के साथ गर्म करने पर ।

(ii) जिप्सम को 120 डि० सें० पर गर्म करने पर ।

(iii) गर्म जिप्सम पर पानी की अभिक्रिया करने पर ।

15 अमोनियम क्लोराइड क्या होता है ? यह कैसे प्राप्त होता है ? इसके महत्वपूर्ण प्रयोग बताइए ।

16 अमोनियम क्लोराइड को आप लवण क्यो मानते है ? अमोनियम क्लोराइड और नमक के मिश्रण को आप अलग कैसे करेंगे ।

17 ऐसा करने पर क्या होता है :

(क) अमोनियम क्लोराइड को गर्म करने पर,

(ख) अमोनियम क्लोराइड को कास्टिक सोडा के साथ गर्म करने पर,

(ग) अमोनियम क्लोराइड के घोल को सिलवर नाइट्रेट से मिलाने पर,

(घ) अमोनियम क्लोराइड और कास्टिक सोडा को मिलाने से जो गैस निकलती है उसे हाइड्रोक्लोरिक एसिड में से गुजारने पर।

18 आप यह कैसे दिखाएँगे कि जब क्षारक और अम्ल अभिक्रिया करते हैं तो लवण बनता है ।

अध्याय 6

# कार्बनिक पदार्थ

## 6.1 कार्बनिक यौगिक

अभी तक हमने उस पदार्थ के बारे मे पढा है जो प्रकृति से अकार्बनिक होता है और जिसका सबंध खनिजों से है। किन्तु कार्बनिक पदार्थ भी हम नित्य देखते हैं। कार्बनिक पदार्थ भी उतने ही नही बल्कि अधिक महत्वपूर्ण है और ये पौधो और प्राणी जगत से संबंध रखते है। सभी कार्बनिक यौगिकों मे कार्बन एक अनिवार्य तत्व रहता है। इनमे से अधिकाश मे हाइड्रोजन रहती है और बहुतों मे नाइट्रोजन और ऑक्सीजन होती है। इनकी सख्या बहुत अधिक है। दस लाख से भी अधिक यौगिक अभी तक मौजूद है और यह सख्या प्रति वर्ष 5 प्रतिशत की दर से बढती जा रही है।

कार्बनिक यौगिक प्रकृति में विभिन्न जीवित कोषाओं मे उपस्थित रहते हैं। ये पौधो, प्राणियों और मनुष्यों की जीवित कोषाओ में मौजूद रहते है। इसलिए ऐसे यौगिको का रसायन बहुत-सी बातो मे जीवन से सबध रखता है। प्रयोगशाला में भी बहुत-से प्राकृतिक कार्बनिक यौगिक तैयार किए गए हैं किन्तु फिर भी बहुत-से ऐसे कार्बनिक यौगिक है जो प्रकृति मे नही मिलते किन्तु सामान्य उपलब्ध कच्चे माल से शुद्ध रूप मे प्रयोगशाला में ही बनाए गए है। इस प्रकार के दो पदार्थ हैं, कोयला और पैट्रोलियम जिन पर कार्बनिक रासायनिक उपयोग बहुत कुछ आधारित है।

## 6.2 कार्बनिक यौगिक का महत्व

कार्बनिक यौगिक हमारे लिए अत्यधिक महत्व के है। ऐसा कहा जाता है मनुष्य की मूल आवश्यकताएँ भोजन, कपड़ा और मकान है और ये सभी आवश्यकताएँ कार्बनिक यौगिकों द्वारा ही पूरी होती है। इस प्रकार हमारा लगभग सौ प्रतिशत भोजन कार्बनिक होता है। ऊनी, सूती, रेशमी या आधुनिक ढंग के *नायलॉन*, *टैरेलीन* और *रेयन* के सभी वस्त्र कार्बनिक होते है। इमारतें बनाने की सबसे महत्वपूर्ण वस्तु लकड़ी है जो कि कार्बनिक होती है। फिर मनुष्य को अपना स्वास्थ्य ठीक रखने के लिए विटामिनों की और रोगो के उपचार के लिए औषधियो की आवश्यकता होती है। तो विटामिन और औषधियाँ भी कार्बनिक है।

## 6.3 यौगिकों के अभिलक्षण

गुणो की दृष्टि से कार्बनिक यौगिक अकार्बनिक यौगिकों से बहुत भिन्न होते है। कुछ महत्वपूर्ण भिन्नताएँ ये हैं :

क) कार्बनिक यौगिक या तो कम ताप पर पिघलने वाले ठोस पदार्थ या द्रव गैसे होते है। इसके विपरीत अकार्बनिक यौगिक सामान्यत: ऊँचे तापमान पर पिघलते हैं।

ख) सभी कार्बनिक यौगिकों के जलने पर कार्बन डाइ-ग्राक्साइड, जल ग्रौर सभी गैसें निकलती हैं ग्रौर कोई ग्रवशिष्ट नही बचता । किन्तु ग्रकार्बनिक यौगिक प्राय: नही जलते ।

ग) कार्बनिक यौगिक प्राय: पानी मे नही घुलते किन्तु कार्बनिक द्रवों जैसे ग्रल्कोहल, बैन्जीन, ईथर ग्रौर पैट्रोल भी घुल जाते हैं । ग्रकार्बनिक यौगिक सामान्यत: इससे विपरीत होते हैं ।

एक खुले जार मे थोडा-सा तारपीन का तेल (टरपेन्टाइन ग्रायल) लेकर उसमें ग्राग लगाइए । ग्राप देखेंगे कि बिना ग्रवशिष्ट छोडे ही तेल जल जाएगा । जार के गैस को ताजे चूने के पानी से परीक्षा कीजिए । ग्राप देखेंगे कि चूने का पानी दूधिया हो जाएगा जिससे यह पता चलता है कि यह गैस कार्बन डाइग्राक्साइड है ।

**प्रयोग 2.**

एक परखनली मे कुछ तेल ग्रौर पानी लेकर ग्रच्छी तरह मिलाइए । दूसरी परखनली मे तेल ग्रौर बैन्जीन लेकर इसी तरह हिलाइए । ग्राप देखेंगे कि तेल बैन्जीन मे घुल जाएगा पर पानी मे नही घुलेगा ।

ग्रब हम कुछ सामान्य कार्बनिक पदार्थों के बारे मे चर्चा करेंगे जो हम ग्रपने नित्य के जीवन में इस्तेमाल करते हैं जो काफी महत्वपूर्ण है ।

## 6.4 पैट्रोल या गैसोलीन

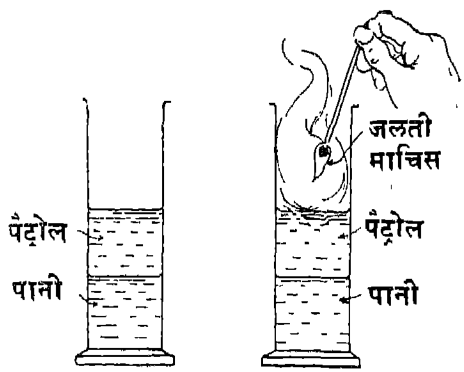
पैट्रोल या गैसोलीन प्राकृतिक पैट्रोलियम से बनाया जाता है ग्रौर पैट्रोलियम कुछ क्षेत्रों में पृथ्वी मे से निकाला जाता है । पैट्रोलियम बहुत-से पदार्थों का मिश्रण होता है । यह पदार्थ ग्रासवन द्वारा ग्रलग-ग्रलग किए जा सकते है । इस प्रकार बहुत-से कार्बनिक पदार्थ प्राप्त किए जाते हैं । पैट्रोल या गैसोलीन हल्के ग्रौर ग्रधिक वाष्पशील पदार्थों में से है ।

## 6.5 पैट्रोल या गैसोलीन

पैट्रोल एक गधहीन द्रव है जिसका कोई निश्चित क्वथनाक (खौलने का बिन्दु) नही है । यह तापमान के एक परिसर पर ग्रासवित होता है, जिससे यह प्रकट होता है कि यह एक मिश्रण है । यह पानी से हल्का होता है ग्रौर पानी मे मिलता भी नही । यह बहुत शीघ्र ज्वलनशील है ।

**प्रयोग 3.**

एक गैस जार में थोडे-से पैट्रोल ग्रौर पानी को मिलाइए । ग्राप देखेंगे कि पैट्रोल पानी के ऊपर तैर रहा है । लकडी की जलती हुई चिपटी लेकर इस मिश्रण मे लगाइए । ग्राप देखेंगे कि पैट्रोल पानी के ऊपर जलने लगेगा ग्रौर जैसा कि चित्र-50 में दिखाया गया है इससे धुएँ वाली ज्वाला निकलेगी । यह इस बात का प्रमाण है कि इसमें कार्बन है ।




**चित्र-50.** *पैट्रोल पानी में नहीं मिलता ग्रौर ज्वलनशील होता है ।*

पैट्रोल कार्बन ग्रौर हाइड्रोजन के यौगिकों का मिश्रण होता है । यह यौगिक *हाइड्रोकार्बन* कहलाते है । इनका एक ग्रलग वर्ग है, जिनके ग्रभिलक्षण

गुण होते हैं। पैट्रोल मोटरो के काम आने वाला बहुत महत्वपूर्ण ईंधन है। यह ग्रीजी पदार्थों को घुला देता है और इसलिए कपड़ो के ड्राइक्लीनिग मे काम आता है।

## 6.6 बैन्जीन

बैन्जीन कोलतार से निकाला जाता है। कोलतार कोयले के आसवन से तैयार होता है। बैन्जीन केवल कार्बन और हाइड्रोजन का यौगिक है और कोलतार के हाइड्रोकार्बनो में यह सबसे प्रचुर है। यह हाइड्रोकार्बन *एरोमैटिक हाइड्रोकार्बन* कहलाते है और यह *ऐलिफैटिक हाइड्रोकार्बन* से भिन्न होते है जो पैट्रोलियम से तैयार किए जाते हैं।

## 6.7 बैन्जीन के गुण और उपयोग

शुद्ध बैन्जीन रंगहीन द्रव्य होता है और यह 80 डिग्री सें० पर खौलता है। यह पानी में नहीं घुलता। यह ज्वलनशील होता है और धुएँदार ज्वाला के साथ जलता है, जिससे यह पता चलता है कि इसमे कार्बन का काफी अंश है।

**प्रयोग 4**

काँच की एक छड को बैन्जीन मे डुबा कर बुन्सन ज्वाला के ऊपर ले जाइए। आप देखेंगे कि यह काले धुएँदार ज्वाला के साथ जलेगा।

बैन्जीन ग्रीजयुक्त पदार्थों, रबड और राल को विलय कर देता है और इस कारण इसे इन पदार्थों के विलायक की भाँति इस्तेमाल किया जाता है। कपड़ो की ड्राईक्लीनिंग के लिए बैन्जीन काम आता है। दूसरे मूल्यवान कार्बनिक रसायन बनाने के लिए भी इसका प्रयोग किया जाता है।

## 6.8 नैफ्थलीन

नैफ्थलीन केवल कार्बन और हाइड्रोजन का एक और यौगिक है। अत: यह एक *हाइड्रोकार्बन* है।

## 6.9 नैफ्थलीन के गुण और उपयोग

नैफ्थलीन एक रवेदार ठोस होता है। इसकी बड़ी-बड़ी सफेद और चमकदार प्लेटें होती है जो 80 डिग्री सें० पर पिघल जाती हैं। यह पानी मे नहीं घुलता किन्तु बैन्जीन जैसे कार्बनिक द्रव्यों मे घुल जाता है।

नैफ्थलीन बहुत प्रदीप्त ज्वाला के साथ जलता है और इसके जलने से बहुत-सा काजल जमा हो जाता है। इसी कारण इसे कोयले की गैस की प्रदीपन क्षमता को बढाने के लिए उसके साथ मिला लिया जाता है। यह शलभो को प्रतिकर्षित करता है और इसलिए गोलियो के रूप में कपड़ो आदि को कीड़ो से बचाने के लिए इस्तेमाल किया जाता है। रंजक द्रव्यो के सश्लेषण मे नैफ्थलीन का उपयोग किया जाता है।

## 6.10 रबड़

रबड़ प्राकृतिक स्रोतों से भी प्राप्त होती है और कृत्रिम विधियों से भी तैयार की जाती है। प्राकृतिक रबड, रबड़ के पेड से निकाले जाने वाली दूधिया रंग के तरल (जिसे लेटक्स कहते हैं) के स्कंदन द्वारा प्राप्त किया जाता है। यह एक बहुलक है और *आइसोप्रीन* की यूनिटो का बना होता है, जो कि एक हाइड्रोकार्बन है। कृत्रिम या सश्लिष्ट रबड छोटे हाइड्रोकार्बनो के मेल से बनती है। इस प्रक्रिया को *बहुलकीकरण* (पालीमेराइजेशन) कहते है।

संश्लिष्ट रबड को विभिन्न नामो से बेचा जाता है, जैसा बूना एन०, बूना एस० और नियोप्रोन। इन रबडो के प्रत्यास्थता की भिन्न-भिन्न श्रेणियाँ होती है और उनके विशेष गुण होते हैं।

## 6.10 रबड़

प्राकृतिक रबड की प्रत्यास्थता और नम्यता या लचीलापन को एक प्रक्रिया द्वारा परिवर्तित किया जाता है जिसे *वल्कनीकरण* कहते है। इस प्रक्रिया का विकास चार्ल्स गुडईयर ने किया था। इस प्रक्रिया मे कच्चे रबड़ को गंधक के साथ गरम किया जाता है। इससे रबड इतना कठोर हो जाता है कि वह घिसने और फटने को सहन करने की क्षमता रखता है।

## 6.11 रबड़ के गुण और उपयोग

प्राकृतिक रबड पीलापन लिए सफेद ठोस होता है। कच्चा रबड़ बैन्जीन में घुल जाता है और अन्य कार्बनिक द्रवों में भी। संश्लिष्ट रबड़ पैट्रोल मे अविलयशील है और जब इसे सुलगाया जाता है तो यह धुएँदार ज्वाला के साथ जलता है।

वल्कनीकृत रबड भिन्न-भिन्न प्रकार की वस्तुएँ विशेष रूप से मोटरो के टायर बनाने के काम आती है।

## 6.12 अल्कोहल

रसायन-विज्ञान में अल्कोहल को इथायल अल्कोहल या *इथानोल* कहते हैं। यह ईथेन का एक हाइड्राक्सी व्युत्पन्न होता है। यह केवल कार्बन हाइड्रोजन और ऑक्सीजन का यौगिक है। यह सामान्यतः माड़ी या शर्करा के किण्वन द्वारा तैयार किया जाता है।

## 6.13 अल्कोहल के गुण और उपयोग

शुद्ध रूप में अल्कोहल एक रंगहीन द्रव्य है जो एक निश्चित तापमान (78·5 डिग्री सें०) पर खौलता है। यही इसका क्वथनांक है। यह ज्वलनशील होता है और बिना धुएँ की ज्वाला के साथ जलता है। यह पानी मे मिल सकता है। यह भाँति-भाँति की मद्य और शराबो के रूप में इस्तेमाल किया जाता है। यह शराबें भिन्न-भिन्न तनुता की अल्कोहल मात्रा होती है, जिनमे कुछ स्वाद और मिठास देने वाले पदार्थ मिला दिए जाते है। प्रयोगशाला और औषधशाला में घोलक के रूप मे अल्कोहल का बहुत प्रयोग किया जाता है। यह स्प्रिट लैंपो में जलती है किन्तु इस काम के लिए अल्कोहल की एक घटिया और अशुद्ध किस्म इस्तेमाल की जाती है, जिसे *मैथिलेटिड स्प्रिट* कहते है। अल्कोहल बहुत-से उपयोगी कार्बनिक पदार्थ बनाने के लिए भी आवश्यक होती है। अल्कोहल का एक और उपयोग खाने की वस्तुओ मे स्वादकारक अर्थात् एसेन्स तैयार करना भी है।

**प्रयोग 5.**

लगभग 5 घन सें० अल्कोहल एक परखनली मे लीजिए। इसमें सांद्रित सल्फ्यूरिक एसिड की कुछ बूंदे डालिए। इसे खूब हिलाकर फिर इसमें 5 घन सें० ग्लेशियल एसिटिक एसिड डालिए फिर इसे हिलाकर गर्म कीजिए। परखनली की इन सब चीजो को एक बीकर से पानी पर छोड दीजिए। आप को सेबो की फलों की जैसी सुगंधी आएगी। यह वाष्पशील इथाइलेटिस एसिटेट बनने के कारण निकलती है, जिसे एस्टर कहते है।

## 6.14 ग्लिसरीन

रसायन मे ग्लिसरीन को *ग्लिसरॉल* कहते हैं। यह अल्कोहल भी है और इसमे तीन हाइड्रोक्सील समूह

होते है। यह चर्बियो और तेलो में होता है और कुछ अम्लों के साथ मिला हुआ होता है। इन अम्लो को *फैटी अम्ल* या *फैटी एसिड* कहते है। यह चर्बियो और तेलो से तैयार किया जाता है और कुछ हाइड्रोकार्बोनों से भी इसका सश्लेषण होता है। यह केवल कार्बन, हाइड्रोजन और ऑक्सीजन का यौगिक है।

## 6.15 ग्लिसरीन के रंग और उपयोग

ग्लिसरीन रंगहीन चाशनी की तरह का द्रव्य है जो पानी से भारी होता है। यह पानी और अल्कोहल में मिल जाता है। यह स्वाद में मीठा होता है और इसलिए इसे मृदुकर्मक के रूप में काम मे लाया जाता है। यह बहुत ही आर्द्रताग्राही होता है अर्थात् यह वायु के प्रभाव्य होने पर नमी को सोख लेता है।

यह बिना धुएँ की ज्वाला के साथ हल्के-हल्के जलता है। ग्लिसरीन का महत्वपूर्ण उपयोग नाइट्रोग्लिसरीन बनाने में होता है जो विस्फोट की प्रेरणा करने पर विस्फोट करता है। इसी कारण डाइनामाइट बनाने मे इसका प्रयोग किया जाता है।

## 6.16 सिरका या चुक्र (विनेगर)

सिरका रासायनिक रूप से तनु एसिटिक एसिड (4–8 प्रतिशत) होता है। यह अल्कोहल युक्त लिकरों के किण्वन द्वारा बनाया जाता है। अल्कोहल का ऑक्सीकरण होकर यह एसिटिक एसिड बन जाती है जिससे सिरका बनता है। ठंडे देशों में खाद्य पदार्थों को खट्टा करने के लिए सिरके का इस्तेमाल किया जाता है।

## 6.17 नील (इन्डीगो)

नील एक नीले रग का पदार्थ होता है जो एक भारतीय पौधे से निकाला जाता है जिसे *इन्डीगोफेरा टिंकटोरिया* कहते है। अब यह नैफ्थलीन से आरभ करके संश्लेषण द्वारा भारी मात्रा में तैयार किया जाता है। यह कार्बन, हाइड्रोजन, ऑक्सीजन और नाइट्रोजन का यौगिक होता है।

नील बहुत ही गहरे नीले रंग का पानी मे न घुलने वाला चूर्ण होता है और उसका रंग बहुत पक्का होता है। नील से रँगने के लिए एक विशेष विधि काम मे लाई जाती है। यह विधि नीचे दिए गए प्रयोग में प्रदर्शित की गई है।

**प्रयोग 6.**

लगभग 0 5 ग्राम नील लीजिए। इसको एक परात मे सोडियम हाइड्रोसल्फाइट के क्षारीय घोल से अभिक्रिया कीजिए। आप देखेगे कि नील के लियुको-इन्डीगो के रूप मे अपचयित हो जाने के कारण इसका नीला रंग गायब हो जाएगा। इस घोल मे सूती कपडे के टुकडे को डुबाकर उसे हवा मे रखिए। आप देखेंगे कि नील का नीला रंग धीरे-धीरे वापस आने लगेगा और कपडा गहरे नीले रग में रग जाएगा।

## 6.18 शर्करा

शर्करा का रसायनिक नाम *सक्रोज* है। इसे चीनी या *केन शुगर* भी कहते हैं। *गन्ने* के रस को शुद्ध करके उसके क्रिस्टलीकरण द्वारा शर्करा बनाई जाती है। चाशनी मे से शर्करा निकालने के बाद जो मातृ-द्रव्य बच रहता है उसे *सीरा* कहते हैं और यह अल्कोहल बनाने के काम आता है। चीनी कार्बन, हाइड्रोजन और ऑक्सीजन का यौगिक है। यह रगहीन रवेदार ठोस होती है और व्यापा-

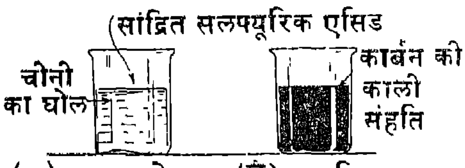
रिक मात्रा मे मिलने वाला सबसे शुद्ध और सबसे सस्ता कार्बनिक पदार्थ है। यह पानी में विलयशील है किन्तु कार्बनिक घोलकों मे नही घुलती। यह बहुत मीठी होती है और खाने-पीने की चीजों को मीठा करने में इसका इस्तेमाल किया जाता है। सान्द्रित सल्फ्यूरिक एसिड के प्रयोग से यह निर्जलिक होती है और झुलस जाती है।

**प्रयोग 7**

एक बीकर मे चीनी के थोडे से रवे लेकर उसमे सांद्रित सल्फ्यूरिक एसिड डालिए। आप देखेंगे कि रंगहीन रवे झुलस कर काले पदार्थ के रूप मे बदल जाएँगे।

*प्रयोग को निम्न प्रकार से दोहराइए*

एक ऊँचे बीकर में चीनी का 10 घन से० संतृप्त घोल लीजिए। इसमें धीरे-धीरे इतनी ही मात्रा मे सान्द्रित सल्फ्यूरिक एसिड छोड़िए। कॉच की छड़ से मिश्रण को हिलाते जाइए। आप देखेंगे कि चीनी काले द्रव्यमान मे अपघटित हो जाएगी। (चित्र-51)।




**चित्र-51.** *शर्करा पर सांद्रित सल्फ्यूरिक एसिड की क्रिया।*

जब सक्रोज को धीरे-धीरे लगभग 200 डिग्री सें० पर गर्म किया जाता है तो यह अपघटित हो जाती है और इससे कैरामेल नामक भूरे रंग की वस्तु बन जाती है। इसकी मिठाई बनाने और औषध पदार्थों को तथा शराब और बीयर में रंग देने में बहुत इस्तेमाल किया जाता है। जैम और चटनियाँ भी चीनी से बनती हैं।

## 6.19 ग्लूकोज

यह भी एक शर्करा है जो प्रकृति में व्यापक रूप में मिलती है। यह केवल कार्बन हाइड्रोजन और ऑक्सीजन का यौगिक है। ग्लूकोज पौधो के बीजो और पत्तियो, मीठे फलों और शहद में रहता है। व्यापारिक रूप मे यह माड़ी से तैयार किया जाता है। ग्लूकोज एक रंगहीन रवेदार ठोस है जो पानी में घुल जाता है। इसका स्वाद मीठा होता है यद्यपि यह सक्रोज की अपेक्षा कम मीठा होता है। यह रोगियों और शिशुओं को भोजन के रूप में दिया जाता है। मिठाइयाँ बनाने और फलों के सरक्षण में इसका इस्तेमाल किया जाता है। महत्वपूर्ण विटामिन 'सी' ग्लूकोज से बनता है। ग्लूकोज का अभिलक्षणिक गुण यह है कि इससे नीचे लिखी विधि से रजत दर्पण बन जाता है।

**प्रयोग 8.**

एक परखनली मे सिल्वर नाइट्रेट का घोल लीजिए। इसमे बस इतना-सा अमोनियम डालिए कि जो अवक्षेप बना है वह घुल जाए। अब थोड़ा-सा ग्लूकोज डालिए और इसे कुछ देर तक रख छोड़िए या हल्के-हल्के गरम कीजिए। आप देखेंगे कि परखनली की दीवारों पर चाँदी का दर्पण बन जाएगा। ग्लूकोज अमोनिया युक्त सिल्वर नाइट्रेट का चाँदी में अपचयन कर देता है।

## 6.20 माड़ी (स्टार्च)

माड़ी या मंड अनाजो की गरियों में प्रचुर

मात्रा में मिलता है। आलू और चावल में मंड बहुत होता है। आलुओ में लगभग 20 प्रतिशत और चावल मे लगभग 75 प्रतिशत स्टार्च होता है। मंड पौधो के लिए भोजन का भंडार है किन्तु इसमे से अधिकतर मनुष्य अपने इस्तेमाल के लिए ले लेता है। मंड चीनी की तरह मीठा नहीं होता। व्यापारिक परिमाण में यह अनाज से तैयार किया जाता है। यह केवल कार्बन, हाइड्रोजन और ऑक्सीजन का यौगिक है और यह एक *कार्बोहाइड्रेट* है। यह सफेद रंग का एक ठोस होता है जो सामान्यतः पानी में नहीं घुलता। जब हाइड्रोक्लोरिक एसिड या सल्फ्यूरिक एसिड की उपस्थिति मे उसे पानी के साथ गरम किया जाता है, तो स्टार्च से डैक्सट्रिन, माल्ट शर्करा और अंत में ग्लूकोज बनता है। इस प्रक्रिया को *हाइड्रोलिसिस* या *जल अपघटन* कहते हैं।

**प्रयोग 9** *मंड का ग्लूकोज मे जल अपघटन*

छोटे-से शकुरूप फ्लास्क मे लगभग 1 ग्राम माड़ी लीजिए। इसमें लगभग 10 घन से० पानी और 2 घन से० हाइड्रोक्लोरिक एसिड छोड़िए और इस मिश्रण को गरम कीजिए। इसमें थोडा फह्‌टिंग (Fehting) साल्यूशन डालिए जिसमें कॉपर सल्फेट होता है और फिर गरम कीजिए। आप देखेंगे कि क्यूप्रस ऑक्साइड का लाल अवक्षेप बन जाएगा। इससे पता चलता है कि मड ग्लूकोज मे जल अपघटित (Hydrolysed) हो जाता है, जो क्षारीय कॉपर सल्फेट को अपचयित कर लाल क्यूप्रस ऑक्साइड बना देता है।

स्टार्च बहुत महत्वपूर्ण कार्बनिक पदार्थ है और भोजन तथा अन्य बहुत-से रूपो मे इसका प्रयोग होता है।

आयोडीन के घोल के साथ मंड नीला रग उत्पन्न करता है और यही आयोडीन की परीक्षा का तरीका है। गरम करने पर नीला रग उड जाता है।

**प्रयोग 10**. *आयोडीन से माड़ी का नीला हो जाना*

एक बीकर मे लगभग 10 घन सें० तनु पोटासियम आयोडाइड घोल लीजिए। इसमें लगभग 1 घन सें० क्लोरीन जल छोड़िए। आप देखेंगे कि घोल के रंग मे परिवर्तन होगा और यह आयोडाइड मे से आयोडीन के अलग हो जाने के कारण होता है। इसमे मंड के घोल की एक-दो बूँदे छोडिए। तत्काल गहरा नीला रग पैदा होगा। घोल को गरम कीजिए और नीला रग गायब हो जाएगा। बीकर को ठडा कीजिए और आप देखेंगे कि नीला रग फिर से प्रकट हो जाएगा।

## 6.21 सैलूलोज

कपास और कागज दो बहुत सामान्य पदार्थ है और दोनो में ही मुख्यतः सैलूलोज होता है। सूती धागे में 90 से 97 प्रतिशत तक सैलूलोज होता है। पौधो की कोषाओ की दीवारें मुख्यतः सैलूलोज से ही बनती हैं। लकडी में 40 से 50 प्रतिशत तक सैलूलोज होता है। सैलूलोज लकडी, घास और सन के विघटन से बनाया जाता है।

सैलूलोज भी केवल कार्बन, हाइड्रोजन और ऑक्सीजन का यौगिक है और कार्बोहाइड्रेट होता है। यह मीठा नही होता। जब सैलूलोज पानी और किसी अम्ल (हाइड्रोक्लोरिक या सल्फ्यूरिक एसिड) के साथ दबाव के अधीन गरम किया जाता है तो इससे शर्कराएँ निकलती है और अत में ग्लूकोज बनता है। यह बहुत-सी वस्तुओ के तैयार करने का स्रोत है जैसे कि गन काटन (एक विस्फोटक पदार्थ), प्लास्टिक, मीटरों के काम आने वाली लैकर, फोटो की 'सुरक्षित' फिल्में, कृत्रिम रेशम (*एसिटेट रेयन और विसकोज रेयन*), रोधी पदार्थ, सैलूलायड, सैलोफेन और सैलूलोज स्पज।

## संक्षेप

*कार्बनिक यौगिक* वे यौगिक होते हैं जिनमें कार्बन अनिवार्य तत्व के रूप में रहती है। जलने पर इनसे कार्बन डाइऑक्साइड निकलती है।

*हाइड्रोकार्बन* केवल कार्बन और हाइड्रोजन का यौगिक होता है।

बैन्जीन और नैफ्थलीन हाइड्रोकार्बन हैं। पैट्रोल हाइड्रोकार्बनों का मिश्रण होता है।

एक *बहुलक हाइड्रोकार्बन* जटिल यौगिक होता है, जिसमें हाइड्रोकार्बनों की बहुत-सी यूनिटें होती हैं। रबड़ एक बहुलक हाइड्रोकार्बन है।

*बहुलकीकरण* वह प्रक्रिया है जिससे सरल इकाइयाँ विशाल अणु में बदल जाती हैं। ये इकाइयाँ *एकलक* कहलाती हैं और बड़े-बड़े अणु *बहुलक* कहलाते हैं।

*पैट्रोल या गैसोलीन* एक महत्वपूर्ण ईंधन है, जो प्राकृतिक पैट्रोलियम तेल से निकाला जाता है। यह संश्लिष्ट रूप में भी बनाया जाता है।

*अल्कोहल* में ऑक्सीजन और साथ-ही-साथ कार्बन व हाइड्रोजन भी होती है। यह बहुत महत्वपूर्ण घोलक है। कार्बनिक अम्लों से मिलकर इससे सुवासित पदार्थ तैयार किए जाते हैं जो ऐस्टर कहलाते हैं। बहुत-से फलों और फूलों की सुगंधियों का कारण ऐस्टर ही होते हैं।

ग्लिसरीन भी एक अल्कोहल है। यह चर्बियों और तेलों का एक अवयव है और उन्हीं से जल अपघटन द्वारा ग्लिसरीन तैयार किया जाता है।

सिरके में लगभग 4 प्रतिशत एसिड होता है और यह खाद्य पदार्थ बनाने के काम आता है। यह तनु अल्कोहल से तैयार किया जाता है।

*कार्बोहाइड्रेटों* में शर्कराएँ, मंड और सैलूलोज होते हैं। ग्लूकोज और चीनी शर्कराएँ हैं। माड़ी और सैलूलोज बहुलक हैं जो ग्लूकोज की इकाइयों से बनते हैं। ये बेस्वाद होते हैं।

*प्लास्टिक* ऐसा पदार्थ है जिसे गर्म करके मुलायम किया जा सकता है, फिर साँचे में ढाला जा सकता है। साधारण कच्चे पदार्थों के बहुलकीकरण द्वारा प्लास्टिक बनता है।

कुछ संश्लिष्ट धागे सैलूलोज से बनते हैं। कपास प्राकृतिक पदार्थ है जिसमें मुख्यतः सैलूलोज होता है। कागज लगभग सारा-का-सारा सैलूलोज है।

*नील* पौधों से निकाला जाने वाला नीला रंग है। संश्लेषण द्वारा भी यह तैयार किया जाता है।

## दोहराने के लिए प्रश्न

1. कार्बनिक यौगिक क्या होते हैं ? उदाहरण दीजिए ।
2. कार्बनिक पदार्थ अकार्बनिक पदार्थों से किस तरह भिन्न होते हैं ?
3. भिन्न-भिन्न प्रकार के कार्बनिक यौगिको के नाम बताइए । अपने उत्तर में कुछ सामान्य कार्बनिक पदार्थों का उल्लेख कीजिए ।
4. हाइड्रोकार्बन क्या होता है ? उदाहरण दीजिए ।
5. बहुलक हाइड्रोकार्बन किसे कहते हैं ? उदाहरण दीजिए ।
6. अल्कोहल क्या है ? यह कैसे बनता है ? इसके दो महत्वपूर्ण उपयोग बताइए ।
7. ग्लिसरीन के कुछ महत्वपूर्ण गुण और उपयोग बताइए ।
8. (क) नैफ्थलीन, (ख) नील (ग) बैन्जीन के महत्वपूर्ण गुण और उपयोग बताइए ।
9. पैट्रोलियम क्या है ? इसमें से पैट्रोल कैसे निकलता है ? पैट्रोल और गैसोलीन के कुछ उपयोग बताइए ।
10. जब जली हुई माचिस गैस जार में पैट्रोल के पास लाई जाती है तो क्या होता है ?
11. कार्बोहाइड्रेड क्या होता है ? उदाहरण दीजिए ।
12. सक्रोज और ग्लूकोज के गुण और उपयोग बताइए ।
13. क्या रबड़ बहुलक यौगिक है ? इसके महत्वपूर्ण गुण क्या हैं ?
14. वल्कनीकृत रबड़ क्या होता है ? यह कैसे बनता है ?
15. कागज और कपास की रसायनिक प्रकृति क्या होती है ?
16. कुछ ऐसे सरल प्रयोग बताइए जिससे यह प्रकट हो कि दिया हुआ पदार्थ कार्बनिक है ?
17. हमारा भोजन अधिकांश कार्बनिक होता है । उदाहरण देकर इसे समझाइए ।
18. सैलूलोज क्या है ? कुछ ऐसे पदार्थों का नाम लीजिए, जिनमे अधिकांश सैलूलोज होता है।
19. उदाहरण देकर इस कथन को स्पष्ट कीजिए कि हमारे नित्य के जीवन में अकार्बनिक यौगिको की अपेक्षा कार्बनिक यौगिकों का बहुतायत से उपयोग किया जाता है ।

20. ऐसा करने पर क्या होता है :

(क) शर्करा को हल्के-हल्के 200 डिग्री से० पर गर्म करने पर।

(ख) शर्करा के चाशनी में सांद्रित सल्फ्यूरिक एसिड मिलाए जाने पर।

(ग) सिल्वर नाइट्रेट अमोनिया युक्त घोल में ग्लूकोज मिलाने पर।

21. उन स्त्रोतो का नाम बताइए जिनसे चीनी और ग्लूकोज प्राप्त होते है ?

22. सिरका (विनेगर) क्या होता है ? इसमें कौन-सा कार्बनिक यौगिक होता है ? इसके प्रयोग बताइए।

अध्याय 7

# अणु और परमाणु : रसायनिक प्रतीक और सूत्र

## 7.1 अणु और परमाणु

प्राचीन काल में भी कुछ लोग सोचते थे कि द्रव्य *परमाणुओं* से मिल कर बना है। उन्होंने यह जान लिया था कि परमाणु सबसे छोटे ऐसे कण होते हैं जो और आगे विभक्त नही किए जा सकते। सन् 1808 में जान डाल्टन ने इस विचार को एक निश्चित रूप दिया और यह सिद्धात प्रतिपादित किया, जिसे *डाल्टन का परमाणु सिद्धात* कहा जाता है। अब हम परमाणुओ को द्रव्य का वह लघुतम कण मानते हैं जो रसायनिक अभिक्रिया मे भाग ले सकता है किन्तु सभी परमाणु प्रकृति मे स्वतंत्र रूप में विद्यमान नही रहते। यद्यपि वायु की अक्रिय गैसों के परमाणुओ की भाँति कुछ परमाणु स्वतंत्र रूप में रहते हैं किन्तु सामान्यत. ये दो या अधिक समूहो के रूप मे ही रहते हैं। परमाणओ के इन समूहो या पुजों को अणु (Molecules) कहते है। गैसीय मूलतत्वों जैसे हाइड्रोजन, ऑक्सीजन और नाइट्रोजन के एक-एक अणु दो-दो परमाणु होते हैं। यौगिको के अणु मे दो या अधिक भिन्न-भिन्न प्रकार के परमाणु होते है। उदाहरण के लिए, जल के एक अणु मे हाइड्रोजन के दो और ऑक्सीजन का एक परमाणु होता है और कार्बन डाइआक्साइड के एक अणु में कार्बन का एक और ऑक्सीजन के दो परमाणु रहते है।

डाल्टन ने परमाणुओं के गुणो का निम्न प्रकार से वर्णन किया है :

(i) परमाणु पदार्थ के अंतिम कण होते हैं जिनसे मूलतत्व या यौगिक बनते हैं। यह न उत्पन्न किए जा सकते और न ही नष्ट किए जा सकते है।

(ii) एक ही मूलतत्व के परमाणु, गुणो की दृष्टि से एक-से होते हैं और उनका द्रव्यमान भी एक होता है।

(iii) एक मूलतत्व के परमाणुओ के गुण और द्रव्यमान दूसरे मूलतत्वो के परमाणुओं के गुणों और द्रव्यमान से भिन्न होते हैं।

(iv) भिन्न-भिन्न प्रकार के परमाणु सरल समाकल अनुपातो मे संयुक्त होकर यौगिक बनाते हैं।

बाद की खोजो के आधार पर डाल्टन के उक्त कथनों में से कुछ को परिवर्तित किया गया, किन्तु जिन नियमों का हम यहाँ विवेचन करेंगे उनकी दृष्टि से इनका महत्व नहीं है।

डाल्टन ने इन विचारो का रसायनिक संयोजन के निम्न नियमो को समझाने के लिए उपयोग किया था।

1. *द्रव्यमान संरक्षण या द्रव्य सरक्षण* का

1. *नियम*
2. *निश्चित समानुपात का नियम।*
3 *बहुसमानुपातों का नियम*

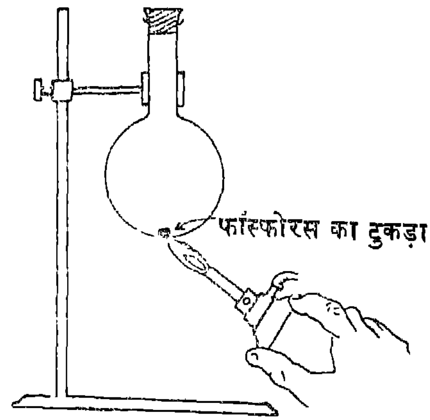
*नोट*- एक और नियम जिसे पारस्परिक समानुपातों का नियम कहते है की चर्चा अध्याय 11 मे की गई है ।

## 7.2 द्रव्यमान संरक्षण या पदार्थ संरक्षण का नियम

इसे पहली बार सन् 1774 मे लाभोजियर ने मालूम किया। उसने देखा कि एक ऐसे बंद पात्र में जब टीन अर्थात् राँगे को गरम किया गया जिसमे वायु मौजूद थी तो एक नया द्रव्य बन गया और कुल द्रव्यमान मे कोई अंतर नही पड़ा। निम्नलिखित प्रयोगो द्वारा इस बात को और अच्छी तरह दिखलाया जा सकता है ।

**प्रयोग 1.**

250 घन सें० क्षमता के एक गोल तली के मजबूत फ्लास्क को लेकर इसमें दो फिल्टर पेपर के बीच मे रखकर सुखाई हुई सफेद फॉस्फोरस लीजिए। (चित्र-52 क) । फ्लास्क को इस तरह बंद कीजिए कि हवा न जा सके अर्थात् इसे वायुरोधी बना दीजिए : इसके लिए फ्लास्क मे रबड की डाट लगानी होगी। अब एक ज्वाला से फ्लास्क की तली को गरम कीजिए जब तक कि फॉस्फोरस प्रज्वलित न हो जाए। आप देखेगे कि एक नए पदार्थ (फॉस्फोरस ऑक्साइड) का सफेद धूम निकलने लगेगा। अब एक नल के नीचे पानी छोड़ कर फ्लास्क को ठंडा कीजिए। ऐसा करने से जलती हुई फॉस्फोरस से गर्मी और दबाव बहुत अधिक बढने से रुक जाएँगे। जब फास्फोरस पूरी तरह जल जाए तो फ्लास्क को कमरे के तापमान तक ठंडा हो जाने दीजिए। फ्लास्क को सुखा कर फिर से तोलिए। आप देखेगे कि भार में कोई अतर नही पडा है।

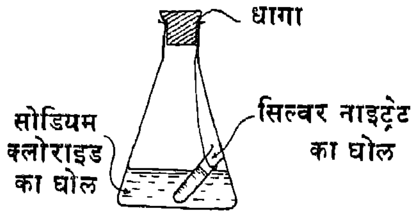



**चित्र-52** (क) *द्रव्यमान संरक्षण का नियम*

**प्रयोग 2.**

एक शकु आकार वाले फ्लास्क मे लगभग 5 घन सें० तनु सोडियम क्लोराइड (नमक) का घोल लीजिए और रबड़ की डाट लगाकर इसे वायुरोधी बना दीजिए। फ्लास्क में चित्र-52 (ख) की तरह धागे से बाँध कर छोटी-सी परखनली फ्लास्क मे डालिए, जिसमे लगभग 2 घन से० सिल्वर नाइट्रेट घोल हो।

परखनली को इस ढग से रखिए कि इसके भीतर का घोल फ्लास्क के घोल से तभी मिले जब आप ऐसा करना चाहेगे। फ्लास्क मे डाट लगा दीजिए और सारे को बहुत सावधानी से तोल लीजिए। अब फ्लास्क को इस तरह झुकाइए कि दोनो घोल मिल जाएँ। आप देखेगे कि फ्लास्क में एक नया पदार्थ (सिल्वर क्लोराइड) का सफेद रग का अवक्षेप दिखाई देगा। फ्लास्क को फिर से तोलिए। आप देखेंगे कि भार में कोई अतर नही पड़ा।




चित्र-52 (ख)

*प्रयोग* को (1) फैरस सल्फेट और अम्लीकृत पोटासियम परमैंगनेट और (2) पोटासियम आयोडाइड और मरक्यूरिक क्लोराइड के साथ फिर से दोहराइए। पहले मे रंग अदृश्य हो जाएगा। फिर दूसरे में सिंदूरी अवक्षेप प्राप्त होगा।

परमाणु सिद्धात के अनुसार परमाणु अविनाशी है अर्थात् रसायनिक परिवर्तन के प्रारभ मे जो परमाणु विद्यमान है वे इसके बाद भी विद्यमान रहने चाहिए। प्रत्येक परमाणु का एक निश्चित द्रव्यमान होता है, और रसायनिक परिवर्तन मे केवल परमाणुओं का पुनर्समायोजन और पुर्नसमूहन ही होता है। क्योंकि पदार्थ का कुल द्रव्यमान विभिन्न परमाणुओ के द्रव्यमानो का योग ही होता है इसलिए रसायनिक परिवर्तन के आरभ मे और अत मे कुल द्रव्यमान एक जैसा ही रहता है।

## 7.3 निश्चित द्रव्यमान समानुपातों का नियम

इस नियम की पहली बार परीक्षा सन् 1799 मे जोसफ प्राउस्ट ने की थी। उन्होंने विभिन्न स्त्रोतों और विभिन्न तरीकों से प्राप्त यौगिकों का परीक्षण किया। उन्होंने यह पता लगाया कि शुद्ध रूप में एक विशेष यौगिक में वही मूलतत्व एक ही निश्चित समानुपातों में संयुक्त होकर रहते है। इस बात को प्रयोग 3 द्वारा और अच्छी तरह दिखाया जा सकता है।

**प्रयोग 3.**

एक तुली हुई चीनी (पोरसीलेन) की नाव मे 0·4 ग्राम शुद्ध मैग्नीशियम लीजिए। चित्र 53 की तरह इस नाव को दाह नली मे रखिए। इसे गर्म कीजिए और ऊपर से आँक्सीजन की धारा निकालिए। मैग्नीशियम ऑक्सीजन में जलता है। जब मैग्नीशियम पूरी तरह जल जाय तो नाव में जो ऑक्साइड बना है उसके समेत नाव को तोल लीजिए। इस भार और नाव के पहले भार का जो अतर होगा वही ऑक्साइड का भार होगा। ऑक्साइड के भार और जो मैग्नीशियम जला उसके भार का अतर उस ऑक्सीजन के भार के बराबर होगा जो मैग्नीशियम से संयोजित हुई। आप देखेंगे कि मैग्नीशियम : ऑक्सीजन : 3 : 2 : (लगभग)।

*उदाहरण* 1

नाव का भार = 5·00 ग्राम
नाव का भार + शुद्ध मैग्नीशियम = 5·40 ग्राम
लिए गए मैग्नीशियम का भार = 5·40 ग्राम — 5·00 ग्राम
= 0·40 ग्राम
नाव का भार + बना हुआ ऑक्साइड = 5·66 ग्राम
सयुक्त ऑक्सीजन का भार = 5·66 ग्राम — 5·40 ग्राम
= 0·26 ग्राम

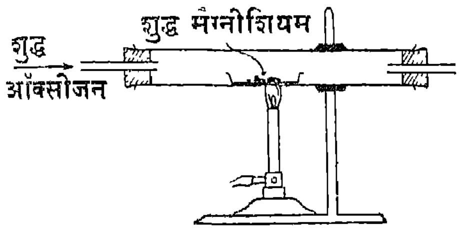
मैग्नीशियम और ऑक्सीजन का अनुपात होता है: 0·40 . 0·26 या 3 : 2 (लगभग)।

इस प्रयोग को करीब 0·40 ग्राम (सही भार) शुद्ध मैग्नीशियम को सूखे और तुले हुए क्रूसिबल मे ले कर उसमें 5 घन से० सांद्रित नाइट्रिक एसिड मिलाइए जिससे मैग्नीशियम नाइट्रेट बनेगा। सारे नाइट्रेट को ऑक्साइड मे बदलने के लिए इसे वाष्पित कीजिए और खूब गरम कीजिए। अब क्रूसिबल के ऑक्साइड को तोलिए। जो ऑक्साइड बना और जो मैग्नीशियम काम आया उन दोनों के भार का अतर उस ऑक्सीजन के भार के बराबर है जो मैग्नीशियम से सयुक्त हुई। आप फिर देखेंगे कि मैग्नीशियम : ऑक्सीजन : : 3 . 2 (लगभग)।

उदाहरण 2.

सूखे क्रूसिबल का भार =20 00 ग्राम
क्रूसिबल का भार+शुद्ध मैग्नीशियम=20·40 ग्राम
काम आए मैग्नीशियम का भार=20·40—20 00
=0·40 ग्राम
क्रूसिबल का भार+बना हुआ ऑक्साइड=20·66 ग्राम
सयुक्त ऑक्सीजन का भार=20·66—20·40 ग्राम
=0 26 ग्राम

मैग्नीशियम और ऑक्सीजन का अनुपात है: 0·40 : 0·26 या 3 . 2 (लगभग)।




चित्र-53 *निश्चित समानुपातों का नियम*

इस प्रकार दो भिन्न तरीकों से जो मैग्नीशियम ऑक्साइड बना उसकी एक निश्चित रचना है और जो तैयार करने की विधि से बिल्कुल स्वतंत्र है।

डाल्टन के अनुसार एक यौगिक विभिन्न परमाणुओ के संयोजन से बनता है और इसके गुण इस बात पर निर्भर करते हैं कि परमाणु किस प्रकार के है और उनके कितने परमाणु मौजूद हैं। इस प्रकार विशेष गुणों वाला एक विशेष पदार्थ एक ही प्रकार के परमाणुओं के एक ही अनुपात में आपस मे मिलने से बनता है। क्योकि एक विशेष मूलतत्व के सभी परमाणुओ का एक ही द्रव्यमान होता है इसलिए इस द्रव्य की भार के अनुसार भी एक ही रचना होती है।

## 7.4 बहुसमानुपातों का नियम

इस नियम का ज्ञान डाल्टन, जेकब बरजेलियस और अन्य वैज्ञानिको ने प्रयोगों द्वारा पता लगाया। उन्होन देखा जबकि दो मूलतत्वों के मिलने से दो या अधिक यौगिक बनते है तो दोनो मे से एक मूलतत्व का भार दूसरे मूलतत्व के निश्चित भार के साथ मिलता है और यह एक सरल समाकल अनुपात मे होते हैं। निम्नलिखित सरल उदाहरणो से इस बात को समझाया जा सकता है :

(i) ताँबे के दो ऑक्साइड बनते हैं। एक ऑक्साइड के एक अणु मे ताँबे और ऑक्सीजन का एक-एक परमाणु होता है। दूसरे ऑक्साइड के एक अणु मे ताँबे के दो परमाणु और ऑक्सीजन का एक परमाणु होता है। इस प्रकार ताँबे का क्रमशः एक और दो परमाणु ऑक्सीजन के परमाणु से मिलते हैं। अब आप जानते हैं कि एक ही मूलतत्व के परमाणुओ का भार एक ही होता है। इस प्रकार दो यौगिको में ऑक्सीजन के एक ही भार से मिलने वाले ताँबे का अनुपात 1 : 2 होता है जो सरल समाकल अनुपात है।

(ii) कार्बन से दो ऑक्साइड बनते है। एक ऑक्साइड के एक अणु मे कार्बन का एक परमाणु और ऑक्सीजन का एक परमाणु होता है। दूसरे ऑक्साइड के एक अणु में कार्बन का एक परमाणु और ऑक्सीजन के दो परमाणु होते हैं। इस प्रकार दो ऑक्साइडों में कार्बन का एक परमाणु ऑक्सीजन के क्रमशः एक और दो परमाणुओ से सयुक्त होता है। क्योकि एक ही मूलतत्व के परमाणुओं

का भार भी एक ही होता है, इसलिए जो ऑक्सीजन कार्बन के एक परमाणु-भार से मिलती है तो उसका अनुपात 1 : 2 होता है, जो कि एक सरल समाकल अनुपात है ।

(iii) फॉस्फोरस से दो क्लोराइड बनते हैं । एक क्लोराइड मे फॉस्फोरस का एक परमाणु क्लोरीन के तीन परमाणुओ से मिलता है । दूसरे क्लोराइड में फॉस्फोरस का एक परमाणु क्लोरीन के 5 परमाणुओ से मिलता है । इस प्रकार क्लोरीन के क्रमश: तीन परमाणु-भार और पॉच परमाणु-भार फॉस्फोरस के एक परमाणु भार से मिलते है और इनका अनुपात 3 : 5 होता है जो कि एक सरल समाकल अनुपात है ।

यह नियम परमाणु सिद्धांत से निकला है, जिसमें कहा गया है कि यदि दो मूलत्व एक से अधिक अनुपात मे मिलकर भिन्न-भिन्न यौगिक बनाते है तो एक तत्व के उन परमाणुओं की संख्या मे सरल संबध रहता है जो दूसरे मूलतत्व के एक या अधिक परमाणुओं से मिलते है ।

## 7.5 रसायनिक प्रतीक और सूत्र

हर विज्ञान की अपनी अकन पद्धति होती है । रसायन-शास्त्र में प्रतीकों और सूत्रों की आवश्यकता होती है और इसके लिए भी एक उपयुक्त अंकन पद्धति निकाली गई है । मूलतत्वो को सामान्यत: उनके नामो के पहले अक्षर से और कुछ तत्वों को अधिक स्पष्टता के लिए दो अक्षरो से प्रकट किया जाता है, जिनमे से एक नाम का पहला अक्षर होता है । नाम मुख्यत: लैटिन के रहते है । इनमे से कुछ अंग्रेजी में भी सामान्यत: प्रयुक्त होते है । इन अकनो को प्रतीक (Symbol) कहते हैं । मूलतत्व के प्रतीक से उनके परमाणु और द्रव्यमान का बोध होता है । आगे कुछ सरल उदाहरण दिए जा रहे हैं :

| *मूलतत्व का नाम* | *प्रतीक* |
|---|---|
| ऑक्सीजन | O |
| नाइट्रोजन | N |
| हाइड्रोजन | H |
| कार्बन | C |
| सल्फर | S |
| फॉस्फोरस | P |
| क्लोरीन | Cl |
| सोडियम (नेट्रियम) | Na |
| सोना (आरम) | Au |
| चाँदी (अर्जेन्टम) | Ag |
| ताँबा (क्यूपरम) | Cu |
| लोहा (फैरम) | Fe |
| पारा (हाइड्रैगिरम) | Hg |
| सीसा (प्लम्बम) | Pb |
| ऐल्युमिनियम | Al |
| जस्त (जिंक) | Zn |
| टिन या राँगा (स्टैनम) | Sn |
| कैल्सियम | Ca |
| मैग्नीशियम | Mg |
| पोटासियम (कैलियम) | K |

मूलतत्व और यौगिक अणुओ के रूप मे ही अपना स्वतन्त्र अस्तित्व रख सकते हैं । अणु को सूत्र द्वारा प्रकट किया जाता है जिससे यह पता चलता है कि इनमें एक या अधिक मूलतत्वों के कितने परमाणु हैं ।

मूलतत्व के एक अणु में उसी तत्व के एक या अधिक परमाणु होते हैं और यौगिक के अणु मे एक विशेष अनुपात में दो या अधिक मूलतत्वो के परमाणु होते है । यौगिको के सूत्र लिखने मे सभी मूलतत्वो के परमाणुओं की संख्या भी लिखी जाती है । इसके कुछ आम उदाहरण नीचे दिये जा रहे हैं ।

| *पदार्थ का नाम* | *आणविक सूत्र* |
|---|---|
| हाइड्रोजन | $H_2$ |
| नाइट्रोजन | $N_2$ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ऑक्सीजन | $O_2$ | चूने का पत्थर | $CaCO_3$ |
| जल | $H_2O$ | अमोनियम क्लोराइड | $NH_4Cl$ |
| कार्बन डाइआक्साइड | $CO_2$ | सिल्वर ऑक्साइड | $Ag_2O$ |
| सल्फर डाइआक्साइड | $SO_2$ | | |
| फॉस्फोरस पैन्टाआक्साइड | $P_2O_5$ | | |

रसायनिक सूत्र किस तरह बनाए जाते हैं, इस का विवरण ग्यारहवें अध्याय में दिया गया है।

## संक्षेप

यदि किसी मूलतत्व को बराबर बाटते जाएँ तो इसका सबसे छोटा जो कण होगा वह *परमाणु* है। पदार्थ का वह कण *अणु* कहलाता है जो स्वतंत्र अस्तित्व रख सकता है।

किसी मूलतत्व का अणु उसके परमाणुओ का वह समूह है जिसमे एक ही प्रकार के दो या अधिक परमाणु होते है।

यौगिक का अणु वह समूह है, जिसमें भिन्न-भिन्न प्रकार के दो या अधिक परमाणु होते हैं। डाल्टन का परमाणु सिद्धात बताता है.

1 परमाणु पदार्थ के वे अतिम कण होते हैं जिनसे मिलकर मूलतत्व या यौगिक बनते हैं। इन्हे न तो उत्पन्न किया जा सकता है और न नष्ट ही किया जा सकता है। साथ ही इन्हे और विभक्त भी नही किया जा सकता है।

2. एक ही मूलतत्व के सभी परमाणु गुणो मे एक जैसे होते है और उनका द्रव्यमान या भार भी एक ही होता है।

3. भिन्न-भिन्न मूलतत्वो के परमाणु गुणो और भार से भिन्न होते हैं।

4. विभिन्न परमाणुओं के सरल समाकल अनुपात मे सयुक्त होने से यौगिक बनते है।

परमाणुओं का रसायनिक संयोजन तीन महत्वपूर्ण नियमो के अनुसार होता है।

*द्रव्यमान संरक्षण नियम है* : किसी भी रसायनिक अभिक्रिया में भार मे कोई परिवर्तन नही होता।

*स्थिर समानुपात नियम है* : किसी एक यौगिक में सदा वही मूलतत्व होते हैं और वे एक ही निश्चित समानुपात में (भार के अनुसार) संयुक्त रहते है।

*बहु समानुपात नियम है* : जब दो मूलतत्व मिलकर एक से अधिक यौगिक बनाते हैं, तो एक मूलतत्व के जो भिन्न-भिन्न भार दूसरे मूलतत्व के एक ही भार से संयुक्त होते हैं, उनमे एक सरल समाकल अनुपात रहता है।

किसी मूलतत्व के लैटिन नाम का पहला अक्षर या दो अक्षरो (एक पहला और एक अन्य) के समूह को *रसायनिक प्रतीक* कहते है। इससे मूलतत्व के एक परमाणु और साथ ही उसके

भार को अभिव्यक्त किया जाता है।

रसायनिक सूत्र एक अणु को बनाने वाले सभी मूलतत्वो के प्रतीको का समूह होता है। यह किसी मूलतत्व या यौगिक के एक अणु मे उपस्थित परमाणुओ की सख्या और प्रकार को प्रकट करता है। यह एक अणु और उसके भार को व्यक्त करता है।

## दोहराने के लिए प्रश्न

1. परमाणु क्या होते हैं? उनके गुण बताइए।
2 अणु क्या होते है? यह परमाणु से किस प्रकार भिन्न होते हैं?
3. द्रव्यमान संरक्षण नियम को स्पष्ट कीजिए। इसको समझाने के लिए कोई प्रयोग बताइए।
4 4·8 ग्राम मैग्नीशियम को 3·2 ग्राम ऑक्सीजन का प्रयोग करके पूरी तरह जला दिया जाता है। बताइए कि इससे बने हुए उत्पाद का भार कितना होगा?
5. निश्चित समानुपात नियम का वर्णन कीजिए और इसके दो उदाहरण दीजिए।
6. हाइड्रोजन और ऑक्सीजन के विस्फोट से जो जल उत्पन्न होता है उसमें दोनो तत्व भार के अनुसार 1:8 के अनुपात मे होते हैं। यह बताइए कि शुद्ध जल के किसी भी नमूने की रचना क्या होगी?
7. बहु समानुपात नियम का वर्णन कीजिए और उसके दो उदाहरण दीजिए।
8. नाइट्रोजन के तीन ऑक्साइडों में नाइट्रोजन और ऑक्सीजन
2 परमाणु : 1 परमाणु; 2 परमाणु : 3 परमाणु और 2 परमाणु : 5 परमाणु के क्रमिक अनुपात में होते है। इससे बहु समानुपात नियम का कैसे समर्थन होता है?
9. रसायनिक प्रतीक को स्पष्ट कीजिए और इसका अर्थ समझाइए। इसके पाँच उदाहरण दीजिए।
10. रसायनिक सूत्र को स्पष्ट कीजिए और इसका अर्थ समझाइए।
11. यह लिखिए:

(क) (i) सोडियम, (ii) सिल्वर, (iii) ऑक्सीजन, (iv) क्लोरीन, और (v) फॉस्फोरस के रसायनिक प्रतीक।

(ख) (i) सोडियम क्लोराइड, (ii) सोडियम सल्फेट, (iii) पोटासियमनाइट्रेट, (iv) कैल्सियम सल्फेट, (v) कैल्सियम कार्बोनेट के रसायनिक सूत्र।

अध्याय 8

# द्रव्य की अवस्थाएँ और उनके अभिलक्षण

## 8.1 द्रव्य की अवस्थाएँ

हमने पहले अध्यायों में पढ़ा है कि सामान्य तापमान पर वायु ऑक्सीजन, नाइट्रोजन और हाइड्रोजन गैसें होती हैं। जल एक द्रव होता है, और कार्बन, सल्फर, फॉस्फोरस तथा बहुत-सी धातुएँ और उनके लवण ठोस होते हैं। इस प्रकार द्रव्य तीन अवस्थाओं में रहता है: (1) *गैस*, (2) *द्रव* और (3) *ठोस* ।

उपयुक्त परिस्थितियों में ये तीनों अवस्थाएँ परस्पर परिवर्तनशील हैं। उदाहरण के लिए जल सामान्य तापमान पर द्रव रहता है किन्तु 100 डिग्री सें० या इससे ऊपर के तापमान पर गर्म करने से यह भाप (गैसीय अवस्था) में बदल जाता है और जब इसे 0 डिग्री सें० पर ठंडा किया जाता है तो यह ठोस बर्फ बन जाता है। इसके विपरीत जब बर्फ को गर्म किया जाता है तो यह पानी बन जाती है और जब पानी को खौलाया जाता है तो इसकी भाप बन जाती है और ठंडा होने पर फिर से यह द्रव जल के रूप में संघनित हो जाता है।

अब हम तीनों अवस्थाओं के अभिलक्षणों का अध्ययन करेंगे।

## 8.2 गैसों के अभिलक्षण

संपीड्यता गैसों का एक अभिलक्षणिक गुण है। गर्म होने पर ये फैलती हैं और दबाव पड़ने पर इनका आयतन घट जाता है।

गैसों को बड़ी आसानी से आयतनों में मापा जा सकता है। किसी भी पदार्थ का आयतन वह स्थान है जो पदार्थ ने घेर रखा होता है। गैस के किसी नमूने का आयतन वही होता है जो उस पात्र का आयतन होता है जिसमें गैस रखी हो।

*आयतन* सामान्यतः घन सें० मीटरों या लिटरों में लिखा जाता है।

1 लिटर=1000 मि० लिटर या लगभग 1000 घन सें० (CC)

1 घन सें० (CC)=4 डिग्री से० पर एक ग्राम पानी का आयतन।

किसी भी गैस का आयतन तापमान पर निर्भर होता है और दबाव पर भी।

*तापमान* की परिभाषा इस प्रकार की गई है कि यह किसी पदार्थ की डिग्रियों में प्रकट की गई गर्मी का माप है। तापमान मापने के भिन्न-भिन्न पैमाने हैं। इनमें से ये पैमाने महत्वपूर्ण हैं: (i) सेंटिग्रेड पैमाना जो विज्ञान में सामान्यतः प्रयोग में लाया जाता है, (ii) फायरनहाइट पैमाना, (iii) स्थिर या कैलविन पैमाना। रसायन में आमतौर से सेंटिग्रेड और कैलविन पैमानों का प्रायः प्रयोग किया जाता है।

प्रयोगों द्वारा हमें गैसों के व्यवहार का जो ज्ञान मिलता है, उससे ऐसा लगता है कि –273 डिग्री सें० से और नीचे तापमान प्राप्त नही हो सकते। इससे हमे ताप का परम मापक्रम प्राप्त हो जाता है। पहली बार सन् 1848 में लार्ड कैलविन ने इस ताप मापक्रम का प्रस्ताव किया था। इस पैमाने में तापमान 'T' के प्रतीक से व्यक्त किया जा सकता है।

सेंटिग्रेड पैमाने के अनुसार 0 डिग्री सें० इसका शून्य होता है। जो पानी के जमने के बिन्दु के बराबर है। 100 डिग्री सें० पानी के खोलने के बिन्दु के तदनुरूप है। 0 डिग्री सें०जो 32 डिग्री फारेनहाइट (फारेनहाइट स्केल) के बराबर होता है और 100 डिग्री सें० जैसे कि चित्र-54 में दिखाया गया है 212 डिग्री फा० के तदनुरूप है।

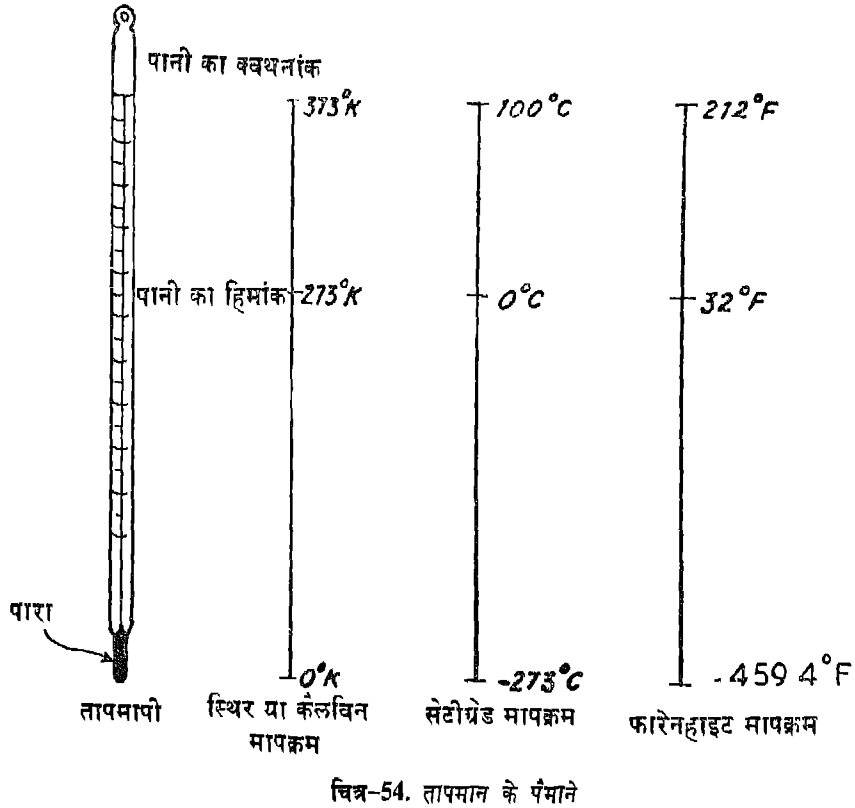
से० तापमान ( $t°c$ ) अन्य पैमानो के तापमान में इस प्रकार बदला जा सकता है :

$$t°C=(t+273)°K=T°$$

$$t°C=(\frac{212-32}{100}\times)t+32=t_1°F$$

$$t°F=(t-32)\times\frac{100}{212-32}=t_2°C$$

गैस के नमूने का आयतन दबाव पर भी निर्भर करता है। जिससे संघति प्रवाह की दिशा का पता




चित्र–54. तापमान के पैमाने

चलता है जिस प्रकार कि तापमान से ऊष्मा के प्रवाह की दिशा जानी जाती है। ऊष्मा गर्म वस्तु से ठंडी वस्तु की ओर प्रवाहित होती है और यदि रोका या बाँधा न जाए तो द्रव्य अधिक दबाव वाले स्थान से कम दबाव वाले स्थान की ओर हरकत करता है। उदाहरण के लिए मोटर टायर में दबा कर भरी हुई हवा अर्थात् ऊँचे दबाव वाली हवा बाहर से कम दबाव वाले क्षेत्र की ओर निकलती है। रबड के एक ब्लेडर मे दबा कर भरी हुई हवा यदि ब्लेडर में छेद होता है तो इसके जरिए बाहर निकल जाती है।

हम पृथ्वी पर उस तरल की तली में रहते हैं जिसे वायुमडल कहा जाता है और जो दबाव डालता है। निम्नलिखित प्रयोग द्वारा इस बात को प्रदर्शित किया जा सकता है।

**प्रयोग 1.**

एक ऐसी बोतल लीजिए जो डिब्बे की पतली टीन की बनी हो। एक चूषण पंप द्वारा इसकी हवा निकाल दीजिए। आप देखेंगे कि जैसे-जैसे वायु बाहर निकलती है वायुमंडल का दबाव बोतल को पिचकाता जाता है। यदि चूषण पंप न मिले तो इस प्रयोग को नीचे लिखे ढग से बदला जा सकता है :

एक पतले से टीन के डिब्बे में थोड़ा-सा पानी लीजिए। पानी को गर्म कीजिए और कुछ देर तक इसे खौलाते रहिए ताकि सारी वायु का स्थान भाप ले ले। अब डिब्बे में कस कर डाट लगा दीजिए और इसे ठडा होने दीजिए। इस पर ठडा पानी छिड़किए। आप देखेंगे कि डिब्बा पिचक जाएगा। डिब्बे के भीतर की भाप के संघनित होने से भीतर का दबाव कम हो जाता है और बाहर से वायु-मंडल का ऊँचा दबाव या दाब इसे पिचका देती है।

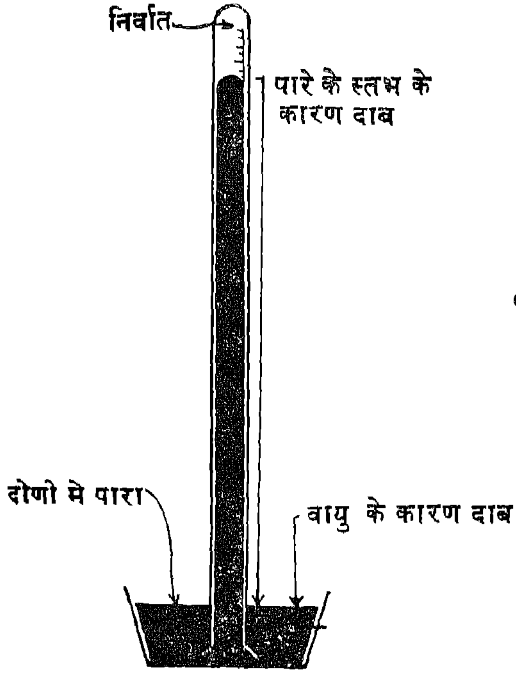
**प्रयोग 2.**

मजबूत काँच की एक ऐसी नलकी को लेकर पारे से भरिए जो लबी या अंशांकित हो और एक ओर से बद हो। चित्र-55 की तरह इसे एक ट्रफ में उलट दीजिए, जिसमें पारा भरा हो। आप देखेंगे कि नलकी में काफी ऊँचाई तक पारा भरा रहेगा और पारे के ऊपर नलकी मे कुछ हिस्से में निर्वात बन जाएगा। क्योकि कमरे के तापमान पर पारे का अधिक वाष्पन नही होता इस कारण रिक्त स्थान निर्वात ही होगा। इससे यह प्रगट होता है कि वायु पारे पर दबाव डालती है और यह दबाव पारे के कालम के भार के बराबर है। द्रवो का यह सामान्य गुण है कि द्रव के एक ही स्तर पर किसी भी बिन्दु पर दाब समान रहता है। इस प्रकार ट्रफ मे पारे की सतह के स्तर पर

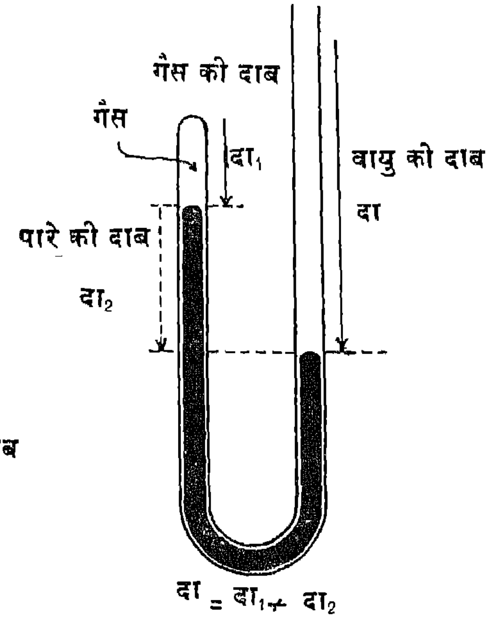
$$P_{atm}=P_{Hg}$$

इस प्रकार पारे के कालम द्वारा वायुमंडल के दबाव को मापना संभव है।

एक मानक वायुमडलीय, 760 मिलिमीटर या 76 सेंटिमीटर लंबे पारे के कालम को, समुद्र तल पर 0 डिग्री सें० पर आधार देता है। इसे 1 वायुमंडलीय दबाव कहा जाता है। वायुमडलीय दबाव 76 सेंटिमीटर ऊँचे और 1 वर्ग सेंटिमीटर के अनुप्रस्थ काटवाले पारे के कालम को अर्थात् 76 घन सेंटिमीटर पारे को संतुलित कर सकता है। इतने पारे का भार $76 \times 13.6$




चित्र–55. बैरोमीटर नली




चित्र–56. मैंनोमीटर

ग्राम होगा क्योंकि 13·6 पारे का आपेक्षित घनत्व है।

जैसा कि चित्र-56 में दिखाया गया है गैस के एक नमूने के दबाव को दाबांतरमापी (मैनोमीटर) में मापा जा सकता है।

$P = 1 \text{ atm}. P_2 = a$ mm of Hg

$P = P_1 + P_2$

$P_1 = P - P_2 = 760 - a$ mm of Hg

(P बैरोमीटर से ज्ञात हो सकता है)

जब $P_2 = O$, $P_1 = P$.

## 8.3 द्रवों के अभिलक्षण

1. गैसों से भिन्न द्रव बहुत ही कम सपीड्य होते हैं। इनका आयतन दाब के साथ बदलता नहीं। हाँ, यह तापमान के साथ अवश्य बदलता है। दो या अधिक द्रवों को शुद्ध आयतन मोटे तोर पर मूल आयतनों के योग के बराबर होता है। सब गैसें किसी भी समानुपात में मिल सकती हैं और उन्हे *मिश्रणीय* कहा जाता है। किन्तु द्रव मिश्रणीय या आंशिक मिश्रणीय अथवा अमिश्रणीय हो सकते हैं, जिनकी अलग-अलग परतें बन जाती है। *द्रव अपने आयतन को बनाए रखते हैं, भले ही उनका पात्र चाहे जैसा हो।*

2. द्रवों की कोई अभिलक्षणिक शक्ल नहीं होती। जिस पात्र में द्रव भरे जाएं, वे उसी की शक्ल ले लेते है।

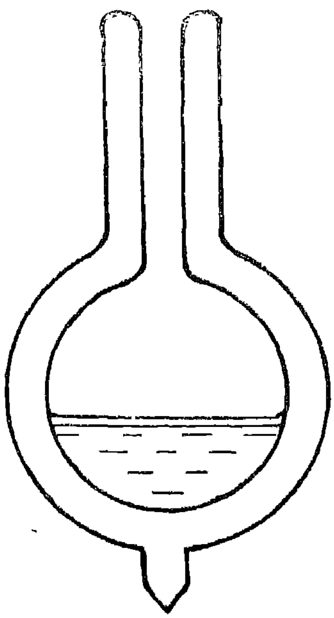
3. *गैसें विसरित हो जाती है और द्रव भी। किन्तु* द्रव धीरे-धीरे विसरित होते है और गैसें बहुत

तेजी से *विसरीत* होती हैं। जब पानी में स्याही की एक बूँद गिर जाती है तो यह सारे पानी में विसरित हो जाती है। द्रव का एक-एक अणु पात्र के एक कोने से दूसरे कोने तक जा पहुँचता है, किन्तु ऐसा करने में हर अणु को अरबों टकराव सहने पड़ते हैं। गैसो मे अणुओं को इस तरह एक से दूसरी ओर जाने में इतनी अधिक टक्करें नही सहनी पड़ती। इस प्रकार गैस का अणु हरकत करने में और दूसरी गैसो से मिलने मे अधिक स्वतंत्र होता है।

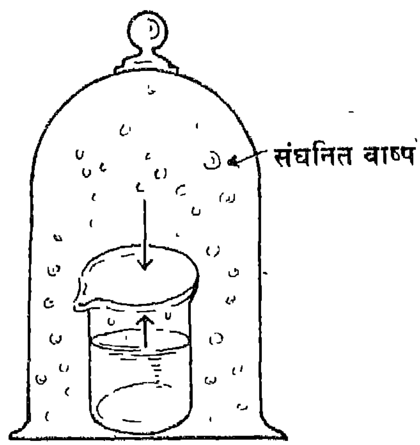
4. *प्रभाव्य होने पर द्रव वाष्पित होते हैं।* जब किसी द्रव को प्रभाव्य किया जाता है तो इसकी सतह पर से अणु उड जाते है।

जब कोई द्रव अरोधी पात्र से वाष्पित होता है तो इसका तापमान अधिक नहीं गिरता। किन्तु जब वाष्पन किसी *रोधी* पात्र (अर्थात् जिस पात्र पर रूई, ऊन या रबड जैसा अचालक पदार्थ लिपटा हो), से होता हो तो चारों ओर से ऊष्मा का प्रवाह मंद रहता है और द्रव का तापमान काफी गिर जाता है। इससे वाष्पित होने की गति घट जाती है। डेवर फ्लास्क या थर्मस फ्लास्क (देखिए चित्र-57) में ठीक ऐसा ही होता है। द्रव वायु (अत्यधिक वाष्पशील द्रव) इस प्रकार के पात्रो में घटों तक सुरक्षित रखी जाती है।

5. *वाष्प दाब* : जब कोई द्रव बद स्थान में वाष्पित होता है तो उसका स्तर थोड़ी देर के लिए गिरता है किन्तु कुछ देर बाद स्थिर हो जाता है। इसका मतलब यह हुआ कि द्रव के अणु तरल मे से निकल कर बाहर के सीमित स्थान मे चले जाते हैं और फिर लौट आते हैं। इससे पात्र में द्रव की मात्रा स्थिर रहती है और द्रव के ऊपर वाष्प में अणुओं का स्थानांतरण स्थिर हो जाता है। इसका कारण द्रव और ऊपर की वाष्प में गतिक साम्य का होना है। वाष्प में जो अणु होते है, वे दाब डालते हैं, जो द्रवों की विशेषता है। इसे द्रव का संतृप्त *वाष्पदाब* कहते हैं। वाष्पदाब इन बातो पर निर्भर करती है : (i) द्रव की प्रकृति, (ii) तापमान।



चित्र–57. *डेवर का फ्लास्क*



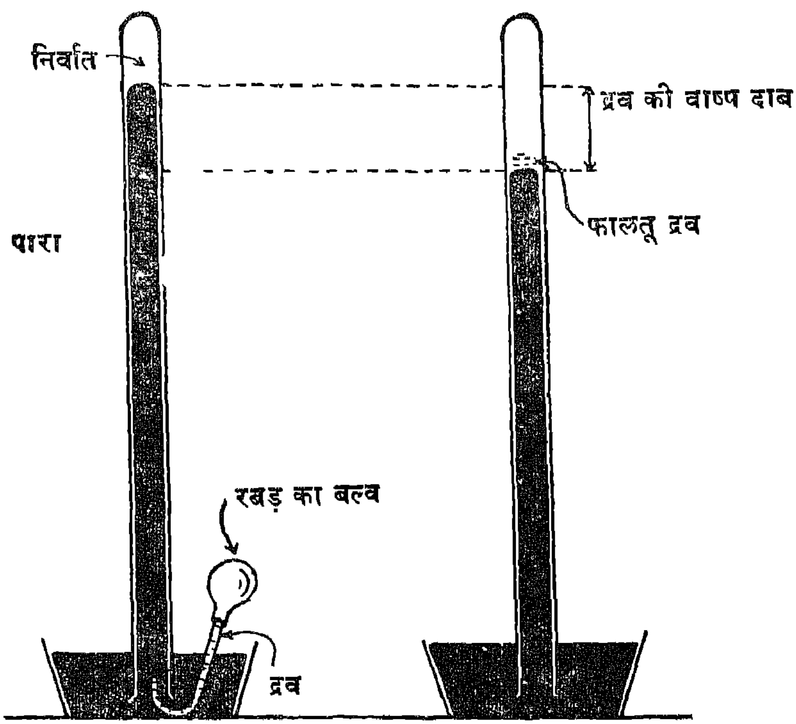

चित्र–58. *सीमित स्थान में वाष्पीकरण*

किसी निश्चित तापमान पर भिन्न-भिन्न द्रवों की भिन्न वाष्पदाब होती है। तापमान के बढ़ने से सभी द्रवो की वाष्पदाब भी बढती जाती है। किसी निश्चित तापमान पर किसी द्रव की वाष्पदाब नीचे लिखे प्रयोग की भाँति मापी जा सकती है।

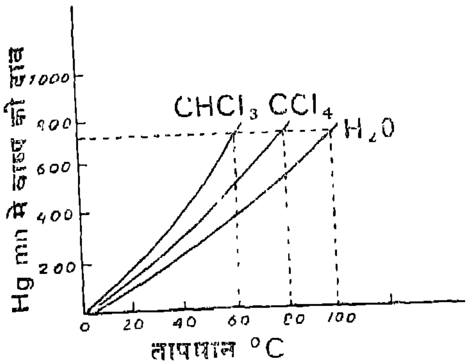
**प्रयोग 3.**

एक बैरोमीटर नली को पारा भर कर खडी कीजिए, जैसा कि चित्र 59 मे दिखाया गया है। एक बिंदुपाती (ड्रापर) द्वारा बैरोमीटर नली मे 2 घन सें० द्रव पहुँचा दीजिए। आप देखेंगे कि द्रव ऊपर चढ़ेगा और निर्वात में जाकर वाष्पित हो जाएगा। साथ ही पारे के स्तर में जो गिरावट आएगी उसकी ओर ध्यान दीजिए। इससे यह पता चलता है कि वाष्प दाब डालती है और वह दाब कमरे के नोट किए हुए तापमान पर पारे के पहले और बाद के स्तरों के अंतर के बराबर है।

विभिन्न तापमानों पर यही प्रयोग कीजिए। आप देखेंगे कि जैसा चित्र-60 में रेखाओ द्वारा दिखाया गया है, वायुदाब बढती जाएगी। इस प्रकार वायुदाब तापमान का कार्य है।




चित्र–59. वायुदाब का मापन




चित्र-60. *तापमान बदलने के साथ वायुदाब का बदलना ।*

6. *क्वथनांक या खौलने का बिंदु* · जब किसी द्रव को खुले पात्र में गर्म किया जाता है तो यह बुल-बुले बन-बन-कर वाष्प की अवस्था मे बदल जाता है। इस प्रक्रिया को द्रव का क्वथन या खौलना कहते है। एक निश्चित दाब पर प्रत्येक शुद्ध द्रव एक नियत तापमान पर खौलने लगता है (मान लीजिए 1 वायुमंडल)। इस तापमान को द्रव का *क्वथनांक या खौलने का बिंदु* (इस प्रकार b.p=t°C लिखा जाता है) कहते हे। *द्रव का क्वथनांक वह तापमान है, जिस पर द्रव की वाष्पदाब बाहर की वायुदाब के बराबर हो जाती हैं।*

द्रव का क्वथनांक दाब पर निर्भर करता है। यह दाब के साथ-साथ बदलता है अर्थात् जब दाब बढती है तो क्वथनांक (b.p.) बढ़ जाता है। मानक या सामान्य क्वथनाक (b.p.) एक मानक वायुदाब अर्थात् 760 मिलिमीटर या हेक्टोमीटर के तदनुरूप होता है। प्रयोग द्वारा इसका मान निर्धारित किया जा सकता है।

7. द्रव का *हिमांक* : जब किसी द्रव को ठडा किया जाता है तो यह जमकर ठोस हो जाती है। द्रव का जमना एक निश्चित दाब पर और एक निश्चित तापमान पर होता है। दाब के कम हो जाने से द्रव का हिमाक भी नीचा हो जाता है। किसी द्रव का मानक या सामान्य हिमांक (f. p.) मानक वायुदाब के तदनुरूप होता है। यह वह तापमान है जिस पर एक मानक वायुदाब पर या पारे के 760 मिलिमीटर पर द्रव जम जाता है।

## 8.4 ठोसों के अभिलक्षण

ठोसो के कुछ महत्वपूर्ण लक्षण इस प्रकार है .

i द्रवो की तरह ठोसो का *संपीडिन करना भी बहुत कठिन होता है*। वास्तव में वे प्रायः *असंपीड्य* ही होते है क्योंकि उनके अणु बहुत ही *निकट संपर्क* में होते है।

ii *ठोस अपना आयतन बनाए रखते है* जो कि पात्र के आकार या प्रकार से स्वतन्त्र रहता है।

iii ठोस दृढ होते है और सामान्य परिस्थितियों में वे बहते नहीं। गैसों और द्रवों से भिन्न जो कि तरल होते हैं, *ठोसों का आकार निश्चित रहता है*। उनके अणुओं की अवस्थितियाँ स्थिर रहती है, जिससे उनकी निश्चित बनावट का पता चलता है।

iv *ठोस गैसों और द्रवों से इस बात मे भिन्न होते है कि वे विसरित नहीं होते।* यह इस बात से भी स्पष्ट होता है कि करोड़ो वर्ष तक शैलों की परतें अपने ही स्थान पर अविचल पड़ी रहती है और अपनी निश्चित परिसीमाओ को बनाए रखती है।

v *ठोस आमतौर से क्रिस्टल बनाते* है जो निश्चित ज्यामिती शक्ल के कण होते है। हर पदार्थ के क्रिस्टल या रवे अपनी-अपनी विशेषता रखते है। इनके चारो तरफ समतल पृष्ठ बने होते हैं, जिन्हे

फलक या फेस कहते हैं। ये फलक एक-दूसरे को किसी-न-किसी कोण पर प्रतिच्छेद करते हैं। हर पदार्थ का यह कोण उसका अभिलक्षण होता है। उदाहरण के लिए सोडियम क्लोराइड (नमक) घनीय क्रिस्टल बनाता है और गंधक (सल्फर) विषमलंबाक्ष या एकनताक्ष क्रिस्टल बनाता है। किन्तु यह भी देखा गया है कि एक रसायन पदार्थ भिन्न-भिन्न परिस्थितियों में भिन्न-भिन्न क्रिस्टल बना सकता है। इस गुण को *बहुरूपता* कहते हैं। इस प्रकार अणु अथवा परमाणु क्रमिक आकृतियों में रहते हैं जो किसी पदार्थ के अभिलक्षणिक होते हैं। अणुओं और परमाणुओं की यह व्यवस्था हर पदार्थ के लिए अलग-अलग होती है और इसे एक्स-रे-फोटोग्राफी या *एक्स-रे विवर्तन* द्वारा देखा *जा सकता है।*

## संक्षेप

द्रव्य तीन भौतिक अवस्थाओं में रहता है : (1) *ठोस*, (2) *द्रव*, (3) *गैस*। उपयुक्त परिस्थितियों में ये अवस्थाएँ परस्पर परिवर्तनशील हैं। गैसें अत्यधिक सपीड्य होती हैं। द्रव और ठोस गैसें नहीं होते। गैस का आयतन तापमान और दाब पर भी निर्भर करता है। इसे सामान्यतः घन सें०, मिलिलिटरों या लिटरों में प्रकट किया जाता है।

गैस के किसी नमूने का *आयतन* वही ठोस होता है जो उसके पात्र का। द्रव किसी भी पात्र में अपने आयतन को बनाए रखते हैं।

*तापमान* किसी पदार्थ की *उष्मा की कोटि के माप* को कहते हैं। यह भिन्न-भिन्न पैमानों प्रायः सेंटिग्रेड और कैलविन की डिग्रियों में व्यक्त किया जाता है।

*दाब* या दबाव प्रति इकाई क्षेत्र पर पडने वाले बल को कहते हैं। यह प्रति वर्ग सेंटि-मीटर ग्रामों में प्रकट किया जाता है।

0 डिग्री से० पर वायु की दाब का एक ऐटमास फियर होती है। यह 0 डिग्री सें० पर 760 मिलिमीटर पारे के दाब के बराबर होती है।

द्रवों का कोई विशेष आकार नहीं होता। ये जिस पात्र में रखे जाते हैं, उसीकी शक्ल ले लेते है।

गैसें विसरित होती हैं और द्रव भी। किन्तु द्रव धीरे-धीरे विसरित होते हैं और गैसें इससे अधिक तीव्रता से विसरित होती हैं।

प्रभाव्य होने पर द्रवों का वाष्पन होता है। अत्यधिक वाष्पशील द्रव बंद बोतलों में सुरक्षित रखे जाते हैं।

द्रव वाष्पदाब डालते हैं जो तापमान के साथ बढ़ती है । भिन्न-भिन्न द्रवों की एक ही तापमान पर भिन्न-भिन्न वाष्पदाब होती है ।

एक द्रव एक एटमासफियर दाब पर एक निश्चित तापमान पर खौलता है । यह तापमान उसका *क्वथनांक* कहलाता है ।

वायुदाब के अधीन एक द्रव एक निश्चित तापमान पर जमता है । यह तापमान उस द्रव का *हिमांक* कहलाता है ।

ठोसो का आयतन अपने पात्र के आकार या शक्ल से स्वतंत्र रहता है और वे उसे बनाए रखते हैं । इनका सपीडन काफी कठिन होता है । ये दृढ़ होते हैं और सामान्य अवस्थाओं में रहते है । ये विसरित भी नही होते । ये निश्चित ज्यामितीय आकृतियो के कण अर्थात् क्रिस्टिल बनाते हैं और ये आकृतियाँ हर पदार्थ की अपनी-अपनी होती है ।

हर ठोस वायुदाब के अधीन अपने-अपने निश्चित तापमान पर पिघलता है । यह तापमान उसका *गलनांक* कहलाता है ।

## दोहराने के लिए प्रश्न

1. यह बताइए कि गुणो की दृष्टि से गैस, द्रव और ठोस किस प्रकार एक-दूसरे से भिन्न है ?
2. गैस के किसी द्रव्यमान का आयतन तापमान पर निर्भर करता है और दबाब पर भी । इस कथन को उदाहरण देकर स्पष्ट कीजिए ।
3. गैसो के आयतन ओर दाब में प्रयुक्त होने वाले यूनिटों के नाम बताइए । यह बताइए कि 5 लिटर की क्षमता वाले पात्र मे सामान्य दाब के अधीन रखी गैस का आयतन घन सेंटि-मीटरों मे कितना होगा ?
4. यह कहने का क्या अर्थ होता है कि गैस बहुत संपीड्य होती है । एक उदाहरण देकर इस कथन को स्पष्ट कीजिए ।
5. द्रव के वाष्पदाब का क्या अर्थ होता है ? आप किसी द्रव के वाष्पन को कैसे समझाएँगे ?
6. इनकी परिभाषा कीजिए :

   क) किसी द्रव का क्वथनांक

   ख) किसी द्रव का हिमांक

   ग) किसी द्रव्य का गलनांक

   घ) किसी पदार्थ का वाष्पदाब

7. किसी ऐसे प्रयोग का वर्णन कीजिए, जिससे यह प्रकट हो कि किसी द्रव का वाष्पदाब तापमान के साथ बदलती है।

8. चार ऐसे पदार्थों के नाम लीजिए जो गैस हों; चार जो द्रव हों; चार जो ठोस हों।

9. **इस संबंध को पूरा कीजिए :**

क) 27 डिग्री सें० = ······ °k

ख) 22.4 लिटर = ······

ग) 30,400 सी० सी० (घन सें०) = ··· लिटर

## अध्याय 9

# घोल

## 9.1 घोल

जब कोई ठोस द्रव अथवा गैस पानी में घुल जाती है तो उससे घोल बनता है। आइए, निम्न-लिखित प्रयोगों द्वारा यह बताएँ कि घोल क्या होता है।

**प्रयोग 1.**

एक बीकर में थोडा-सा पानी लीजिए जिसमे थोड़ी-सी शर्करा (चीनी) डालिए और इसे काँच की छड से हिलाइए। आप देखेंगे कि चीनी पानी में घुल जाएगी। चीनी और पानी का एक समांगी द्रव्य-मान बन जाएगा। इसे चखिए, यह मीठा होगा।

यही प्रयोग नमक और पानी के साथ कीजिए। आप देखेंगे कि नमक पानी में घुल जाएगा और यह घोल नमकीन होगा।

*पानी मे चीनी या नमक के समांगी मिश्रण को* और इसी तरह दूसरे *किसी मिश्रण को घोल* कहते हैं।

इस प्रकार *घोल* कम-से-कम दो पदार्थों का समांगी मिश्रण होता है। जो पदार्थ घुलता है जैसे चीनी या नमक, उसे विलेय कहते हैं और जो अधिक मात्रा में होता है और जो दूसरे पदार्थ को अर्थात् विलेय को घोलता है, उसे विलायक कहते हैं। इस प्रकार चीनी या नमक और पानी का मिश्रण विलयन या घोल है और चीनी या नमक विलेय तथा पानी विलायक है। जब घोल का वाष्पन किया जाता है तो विलायक का वाष्पन हो जाता है और विलेय अवशिष्ट रह जाता है।

## 9.2 विलेयता और तापमान का प्रभाव

तीन बीकरों में अलग-अलग पानी लेकर उनमे बराबर-बराबर चीनी, नमक और रेत डालिए। सब-को अच्छी तरह हिलाइए। आप देखेंगे कि नमक पानी में घुल जाएगा किन्तु चीनी और अधिक घुलेगी और रेत बिल्कुल नही घुलेगा। इससे हम यह निष्कर्ष निकालते हैं कि कुछ पदार्थ कम विलयशील होते हैं और कुछ अधिक विलयशील और कुछ पूर्णतः अविलयशील होते हैं। इस प्रकार विलयशीलता विलेय की प्रकृति पर निर्भर करती है।

**प्रयोग 2.**

एक बीकर में 100 सी० सी० (घन सेंटिमीटर) पानी लीजिए, इसमे थोड़ा-थोड़ा करके नमक डालिए और बराबर हिलाते जाइए। आप देखेंगे कि नमक

पानी मे घुलता जाएगा किन्तु एक स्थिति ऐसी ग्रा जाएगी जब नमक घुलना बद हो जाएगा ग्रौर जो नमक डाला जाएगा वह बीकर की तली में जमा होने लगेगा। ग्रब बीकर को रेत के ऊष्मक पर गर्म कीजिए ग्रौर नमक को हिलाते रहिए। ग्राप देखेंगे कि नीचे बचा हुग्रा नमक भी पानी में घुल जाएगा। बीकर को ठंडा कीजिए। ग्राप देखेंगे कि कुछ नमक घोल मे से निकल कर फिर से बीकर की तली में इकट्ठा हो जाएगा। इस प्रकार जल की निश्चित मात्रा में ठोस की नियत मात्रा घुलती है ग्रौर उसी तापमान पर उससे ग्रधिक मात्रा नही घुलती।

एक निश्चित तापमान पर एक लिटर पानी में ठोस की जितनी मात्रा घुल जाती है, वह उस तापमान पर पानी मे *ठोस की विलयशीलता* कही जाती है। ताप-मान के परिवर्तन का विलयशीलता पर काफी प्रभाव पड़ता है। ठोसों के साथ ऐसा होता है कि तापमान की वृद्धि के साथ उसकी विलयशीलता भी बढ जाती है।

**प्रयोग 3.**

एक बीकर में 19 ग्राम पोटासियम नाइट्रेट को काफी पानी मे मिलाइए ग्रौर उसे काँच की छड़ से हिलाइए। ग्राप देखेंगे कि नाइट्रेट पानी में घुल जाएगा। थोड़ा-थोड़ा करके बीकर के घोल मे ग्रौर पोटासियम नाइट्रेट छोड़ते जाइए। हिलाने के बाद भी इसका कुछ भाग बिना घुला रह जाएगा। घोल को छान लीजिए। जो निर्मल निस्यंद निकलेगा वह कमरे के तापमान पर *सतृप्त घोल* होगा। इसमें कुछ ग्रौर नाइट्रेट डालिए ग्रौर इसे गर्म कीजिए। नाइट्रेट घुल जाएगा। ग्रब घोल को ठंडा कीजिए। ग्राप देखेंगे कि दूसरी बार में जो नाइट्रेट डाला गया था वह घोल से पृथक हो जाएगा। इससे हम यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं:

(1) एक निश्चित तापमान पर संतृप्त घोल में उस तापमान पर विलेय की ग्रधिकतम मात्रा रहती है।

(2) नीचे तापमान पर जो संतृप्त घोल बना है उसमे तापमान ऊँचा होने पर ग्रौर ग्रधिक विलेय समा सकता है।

(3) संतृप्त घोल तापमान नीचा होने पर कुछ विलेय को छोड़ देता हैं।

हमने प्रयोग-2 मे देखा कि जब सतृप्त घोल को ठडा किया जाता है तो कुछ विलेय बाहर ग्रा जाता है। पर हमेशा ऐसा नही होता क्योंकि ग्रति संतृप्त घोल भी बन सकता है। किसी घोल को उस समय *ग्रति संतृप्त* कहा जाता है जब इसमें सतृप्त घोल से ग्रधिक विलेय समाया रहता है। जब ग्रति सतृप्त घोल में विलेय का एक रवा डाल दिया जाता है तो सारे ग्रतिरिक्त विलेय का क्रिस्टिलीकरण हो जाता है। निम्नलिखित प्रयोग से इस बात को प्रदर्शित किया जा सकता है।

**प्रयोग 4.**

एक परखनली मे 6 ग्राम सोडियम थायोसल्फेट चूर्ण लेकर 1 सी० सी० पानी डालिए। परखनली में ढीली डाट लगाइए ग्रौर उसे पानी के ऊष्मक पर तब तक हल्के-हल्के गर्म कीजिए जब तक नमक घुल न जाए। ग्रब इसे ठंडा कीजिए। ग्राप देखेंगे कि नमक का क्रिस्टिलीकरण नहीं होता। इसमें विलेय का एक रवा डाल दीजिए। ग्राप देखेंगे कि विलेय ग्रलग होने लगेगा।

## 9.3 भिन्न ठोसों के लिए भिन्न विलायक

**प्रयोग 5.**

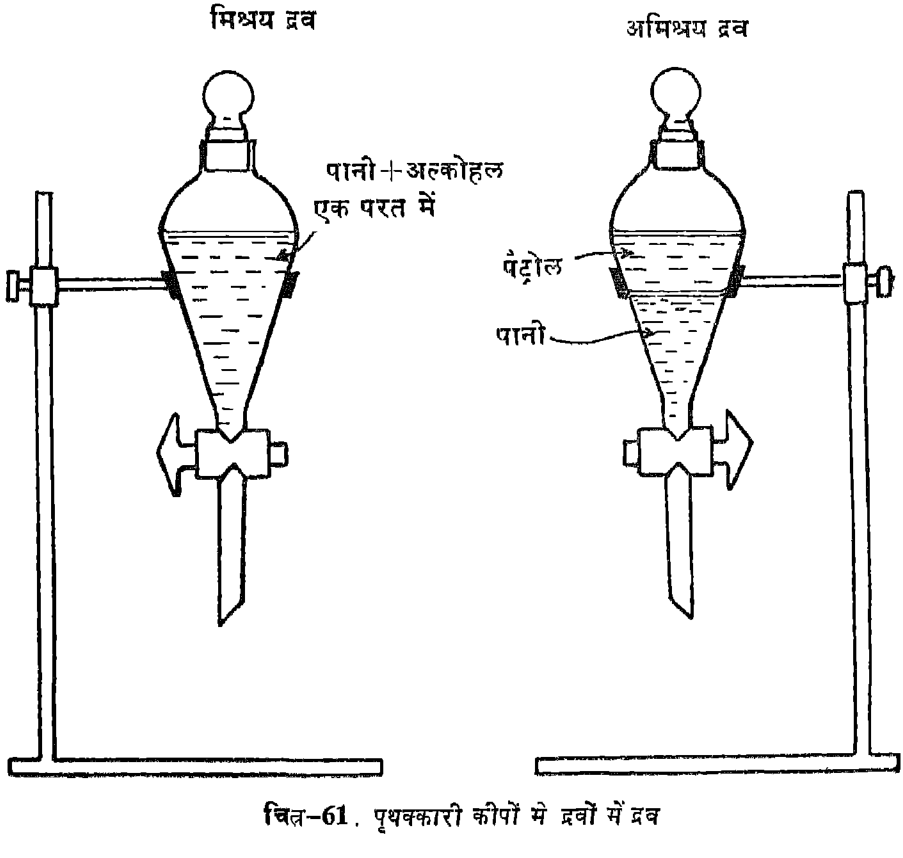
दो बीकर लेकर उसमे से एक में पानी ग्रौर गंधक का चूरा मिलाइए ग्रौर दूसरे मे गंधक ग्रौर कार्बन

डाइसल्फाइड मिलाइए। आप देखेंगे कि गंधक पानी में नहीं घुलती किन्तु कार्बन डाइआक्साइड मे घुल जाती है। इसी प्रकार आप देखेंगे कि आयोडीन अल्कोहल में घुल जाता है और पानी मे नही घुलता। इसका यह मतलब हुआ कि सब ठोस सब द्रवों में नही घुलते। चीनी, नमक और नाइटर जैसे कुछ ठोस पानी में घुल जाते हैं और मिट्टी के तेल में नही घुलते। जब कि गंधक या आयोडीन जैसे कुछ अन्य पदार्थ अन्य विलायकों मे घुल जाते हैं।

## 9.4 द्रवों के द्रवों में घोल

**प्रयोग 6.**

एक पृथक्कारी कीप मे कुछ अल्कोहल और पानी मिलाइए। दोनों को अच्छी तरह हिलाइए और आप देखेंगे कि दोनो द्रवों की एक ही परत बनती है। अब पानी और पैट्रोल ले कर ऐसा ही कीजिए। आप देखेंगे कि दोनो ही द्रव आपस में मिलकर एक




**चित्र–61**. पृथक्कारी कीपों मे द्रवों में द्रव

परत नहीं बनाते बल्कि दोनों की अलग-अलग दो परतें हैं।

इससे यह प्रकट होता है कि दो द्रव मिश्रणीय हो सकते हैं और उनकी एक परत बन सकती है या वे *अमिश्रणीय* हो सकते हैं और अपनी अलग-अलग परतें बना सकते हैं।

## 9.5 द्रवों में गैसों के घोल

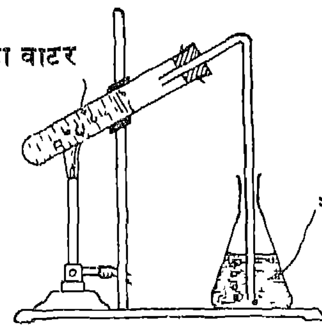
**प्रयोग 7.**

शंकु आकार के अलग-अलग फ्लास्कों में पानी लेकर उनमें से हाइड्रोजन क्लोराइड, अमोनिया और सल्फर डाइऑक्साइड गुजारिए। आप देखेंगे कि ये गैसें पानी में घुल जाएँगी और संतृप्ति की अवस्था से पहले इनके बुलबुले नहीं बनेंगे।

ऑक्सीजन और हाइड्रोजन गैसों से इसी प्रयोग को दोहराइए। आप देखेंगे कि इन गैसों के बुलबुले बन कर ये पानी से बाहर निकल जाएँगी, जिससे यह पता चलता है कि ये पानी में अधिक नहीं घुलती। इससे हम यह नतीजा निकालते हैं कि कुछ गैसें विलयशील होती हैं और कुछ अविलयशील। फिर भी कुछ हद तक सभी गैसें पानी में विलयशील होती हैं। कार्बन डाइआक्साइड ऐसी गैस है जो पानी में काफी घुलनशील है। दाब के अधीन यह जल्दी ही घुल जाती है और इसके घुलने से सोडावाटर बनता है। जब आप सोडावाटर की बोतल को खोलते हैं तो आप गैस की दाब को हटा देते हैं। कार्बन डाइआक्साइड बुलबुलों के साथ बाहर निकलती है और उफान के साथ सोडावाटर में से निकल जाती है। इससे यह पता चलता है कि दाब के घटने के साथ गैस की विलयशीलता घटती है और दाब के बढ़ने के साथ इसकी विलयशीलता बढ़ती है। *ठंडे पानी की अपेक्षा गर्म पानी में गैसें कम घुलनशील होती हैं।*

**प्रयोग 8.**

कार्बन डाइऑक्साइड से संतृप्त पानी (सोडा-वाटर) को एक परखनली में लौटिए। परखनली में एक ऐसी निकास नली फिट कीजिए जो शंकु आकार के फ्लास्क में रखे चूने के पानी में डूबी हो, जैसा कि चित्र-62 में दिखाया गया है। अब परखनली को गर्म कीजिए। परखनली में बुदबुदाहट या उफान-सा उठेगा और फ्लास्क में दूधियापन आएगा।




**चित्र–62.** *कार्बन डाइऑक्साइड गरम पानी में कम घुलनशील है।*

इससे यह प्रगट होता है कि गर्म करने पर घुली हुई गैस घोल से बाहर निकल जाती है। इस प्रकार गैस की विलयशीलता तापमान के बढ़ने से घट जाती है। हमने प्रयोग–2 और 3 में देखा कि ठोसों की घुलनशीलता तापमान के बढ़ने से प्राय: बढ़ जाती है।

## 9.6 किसी ठोस द्रव में विलयशीलता का निर्धारण कैसे करें।

**प्रयोग 9.**

अशांकित जार की सहायता से नाप कर लग-

भग 100 सी० सी० शुद्ध पानी एक बीकर में लीजिए। इसमें पिसा हुआ नमक थोडा-थोडा करके छोडते जाइए और तब तक अच्छी तरह से हिलाते जाइए जब तक और नमक पानी में न घुले। यह कमरे के तापमान पर सतृप्त घोल बन गया। इसे छान लीजिए और निस्यंद को तुली हुई पोरसीलेन की वाष्पन परात मे एकत्र कीजिए। परात और निस्यंद को तौल लीजिए और भार को नोट कर लीजिए। बालू के ऊष्मक पर परात को गर्म कीजिए ताकि घोल का पानी पूरी तरह वाष्पित हो जाए। जब पानी पूर्णतः वाष्पित हो जाए तो परात को जल-शोषित्र में ठंडा करके सूखे अवशिष्ट के साथ तौल लीजिए। भार को नोट करके इस प्रकार परिकलन कीजिए।

| | |
|---|---|
| केवल परात का भार | $=w_1g$ |
| परात का भार+निस्यंद | $=w_2g$ |
| निस्यंद का भार | $=w_2-w_1=a_1g$ |
| परात का भार+वाष्पन के बाद अवशिष्ट | $=w_3g$ |
| अवशिष्ट का भार | $=w_3-w_1=a_2g$ |
| प्रयुक्त निस्यंद मे पानी का भार | $=a_1-a_2=a_3g$ |
| कमरे के तापमान पर पानी में नमक की विलयशीलता | $=\frac{a_2}{a_3}\times 100$ $=w$ g प्रति 100 ग्राम पानी |

*उदाहरण*

जब 50 ग्राम नाइट्रेट कमरे के तापमान पर 200 सी० सी० पानी में पूरी तरह घुल गया तो पोटासियम नाइट्रेट का संतृप्त घोल तैयार हुआ। कमरे के तापमान पर पानी मे नाइटर की विलयशीलता का परिकलन कीजिए।

| | |
|---|---|
| संतृप्त घोल मे नाइट्रेट का भार | $=50$ g |
| पानी का भार | $=200$ g |
| विलयशीलता | $=\frac{50}{200}\times 100=25$ g प्रति 100 g जल |

## 9.7 घोल का सांद्रण

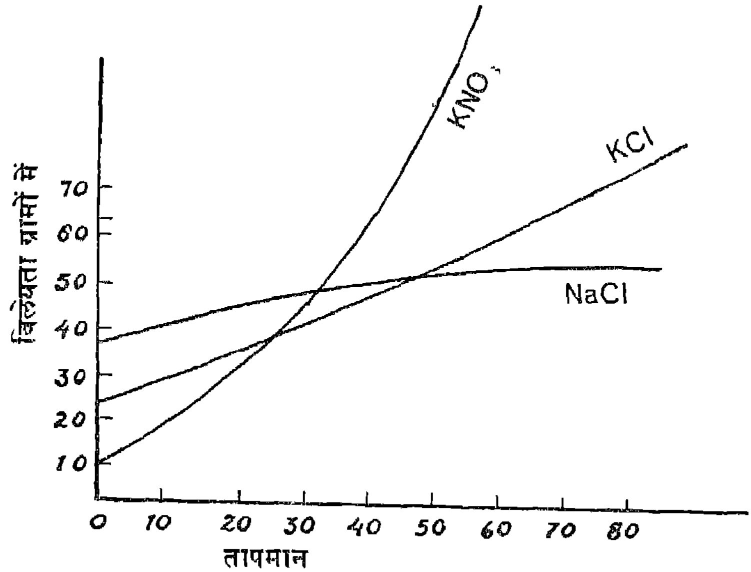
पानी मे लवण की विलयशीलता यह बताती है कि निश्चित तापमान पर एक लिटर विलायक मे लवण का सांद्रण कितना होगा।

$$\text{प्रति लिटर सांद्रण} = \frac{\text{विलय का द्रव्यमान}}{\text{लिटरों में विलायक का आयतन}} = \frac{M}{V}$$

यदि सांद्रण ऊँचा होता है तो घोल भी साद्र होता है और जब यह कम होता है तो घोल तनु कहलाता है।

## 9.8 विलयशीलता वक्र रेखा क्या होती है ?

हमने यह देखा कि किसी पदार्थ की विलयशीलता एक ही द्रव मे तापमान के साथ घटती-बढ़ती है। ठोसो के लिए यह प्रायः तापमान बढ़ने के साथ बढ़ती है। किन्तु गैसो के साथ तापमान के बढ़ने से यह घटती है। विभिन्न तापमानो पर किसी पदार्थ की विलयशीलता को ऐसी रेखाओं द्वारा, जिन्हे *विलयशीलता वक्र रेखा* कहा जाता है, सरलता से ग्राफ पर निरूपित किया जा सकता है। कुछ लवणो की विलयशीलता (पानी मे) वक्र रेखाएँ




चित्र 63. विलयशीलता वक्र रेखाएँ

चित्र-63 मे दिखाई गई है।

वक्र रेखाओं पर नजर डालते ही यह पता चल जाता है कि तापमान के साथ विलयशीलता कैसे बदलती है। समुद्र के जल में जो लवण मिले रहते है उनकी विलयशीलता वक्र रेखाओ से हमे उन स्थितियो का पता चल जाता है, जिनके द्वारा नमक और अन्य लवण समुद्र जल से निकाले जाते है।

## 9.9 घोलों का महत्व

हमारे लिए घोलों की प्रक्रिया (ठोसो और गैसों का द्रवो में घुलना या द्रवो का मिश्रण) बहुत अधिक महत्व रखती है। हमारे जीवन की प्रक्रियाएँ भी इसी पर निर्भर करती है। हम जो भोजन खाते है वह पाचन में सरल पदार्थों में बदल जाता है। ये सरल पदार्थ या तो रक्त में घुल जाते है या उसमें मिल जाते है। रक्त इन पदार्थों को भिन्न-भिन्न अंगो में पहुँचा देता है, जहाँ उन्हे अपने काम के लिए इन पदार्थों की आवश्यकता पड़ती है। हम साँस के साथ जो ऑक्सीजन भीतर खीचते है वह रक्त में घुल जाती है जो उसे कोषाओं में पहुँचा देता है, जहाँ भोज्य पदार्थों का कार्बन डाइआक्साइड और पानी में ऑक्सीकरण हो जाता है। इस प्रकार घोल की यह प्रक्रिया मनुष्य जीवन के लिए अनिवार्य है।

रसायन उद्योग मे भी यह प्रक्रिया अत्यंत महत्वशाली है क्योकि अधिकांश रसायन अभिक्रियाएँ घोल में ही होती है।

विलयशील और अविलयशील पदार्थों को अलग करने के लिए भी घोलों की आवश्यकता पड़ती है। उदाहरण के लिए कैफ़ीन एक महत्वपूर्ण औषधि है और यह क्लोरोफार्म के जरिए चाय की पत्तियों

से निकाली जाती है। जो घुलनशील पदार्थ होते हैं, उन्हें उनके उपयुक्त विलायको के साथ बने घोल मे से क्रिस्टलीकरण द्वारा पृथक और शुद्ध किया जाता है।

मापी हुई मात्रा में दवाएँ देने मे घोलो से बड़ी सहायता मिलती है। इसका कारण यह है कि बहुत छोटी मात्रा को आसानी से तोला नही जा सकता परतु घोल मे उसको आसानी से समायोजित किया जा सकता है।

## 9.10 घोलों के हिमांक और क्वथनांक

सामान्यत: घोलों के हिमाक को घटाया जा सकता है और क्वथनाक को बढ़ाया जा सकता है। निम्नलिखित प्रयोग द्वारा इसे दिखाया जा सकता है।

**प्रयोग 10.**

पहले शुद्ध पानी का हिमाक और क्वथनाक निश्चित कर लीजिए और फिर पानी मे चीनी और नमक के घोल के यही अक निर्धारित कर लीजिए। आप देखेंगे कि घोल का हिमांक शुद्ध पानी के हिमांक से नीचा है और शुद्ध पानी के क्वथनाक से घोल का क्वथनाक ऊँचा है। अन्य विलेय और विलायक ले-ले कर इसी प्रयोग को दोहराइए।

हम यह देखते है कि जो विलेय विद्युत अपघट्य नहीं होते, उनके हिमांक का नीचा करना और क्वथनाक का ऊँचा करना विलायक मे विलेय की एक निश्चित मात्रा के समानुपात में होता है।

## संक्षेप

*घोल* दो या अधिक पदार्थों का समांगी मिश्रण होता है।

*विलेय* वह पदार्थ है जो उस पदार्थ के साथ घुलता है जो उससे अधिक मात्रा में होता है।

*विलायक* वह पदार्थ है जो दूसरे को घुलाता है।

किसी पदार्थ की निश्चित तापमान पर *विलयशीलता* उसकी वह अधिकतम मात्रा है, जो उस तापमान पर 100 ग्राम जल के घोल में समा सकती है।

विलयशीलता तापमान के साथ बदलती है।

भिन्न-भिन्न तापमानों पर पदार्थों की विलयशीलताएँ *विलयशीलता वक्र रेखाओं* पर दिखाई जा सकती हैं।

द्रवो मे ठोसो की विलयशीलता सामान्यत: तापमान के साथ बढ जाती है।

गैसे ठंडे पानी में गर्म पानी की अपेक्षा अधिक घुलनशील होती हैं।

*संतृप्त घोल* में निश्चित तापमान पर विलायक के निश्चित आयतन मे विलेय की अधिकतम मात्रा समायी होती है। जिस घोल मे अधिकतम मात्रा से कम विलेय होता है, वह घोल *असतृप्त घोल* कहलाता है और जिसमे अधिक विलेय होता है, वह *अतिसंतृप्त घोल* कहा जाता है। जब सतृप्त घोल

को ठंडा कर दिया जाता है तो उसमें से विलेय के क्रिस्टल निकल जाते हैं। असंतृप्त और अतिसंतृप्त घोलों के साथ ऐसा नही होता।

सभी ठोस सभी द्रवो में नहीं घुल जाते।

द्रव मिश्रणीय भी होते है और अमिश्रणीय भी।

विलयशीलता=प्रति लिटर सतृप्त घोल का सांद्रण

=प्रति लिटर घोल मे विलेय का अधिकतम भार, ग्रामों मे

शुद्ध विलायक की अपेक्षा घोल का हिमांक नीचा होता है।

घोल का क्वथनांक शुद्ध विलायक से ऊँचा होता है।

## दोहराने के लिए प्रश्न

1 घोल क्या होता है? अपने उत्तर को उदाहरण देकर स्पष्ट कीजिए।

2. इनका अर्थ बताइए और उदाहरण दीजिए :

(क) बिलेय, (ख) विलायक

3. बताइए कि संतृप्त घोल क्या होता है? पानी मे विलेय का सतृप्त घोल कैसे बनाया जा सकता है? पोटासियम नाइट्रेट का उदाहरण देकर समझाइए।

4. सतृप्त घोल असतृप्त घोल और अतिसतृप्त घोल से किस प्रकार भिन्न होता है?

5 विलयशीलता का अर्थ समझाइए। यह बताइए कि इसका निर्धारण कैसे होता है? किसी घोल का तापमान 25 डिग्री से० है और उसमें 5 ग्राम विलेय 200 सी० सी० पानी मे मिला हुआ है। 25 डिग्री से० पर अधिक विलेय इस घोल मे नहीं घुल सकता। 25 डिग्री से० पर विलेय की विलयशीलता का हिसाब लगाइए।

6. उन विलायकों के नाम लीजिए जिनमे नाइटर, सल्फर और आयोडीन घुल जाते हैं।

7. पानी 0 डिग्री से० पर जमता है और 100 डिग्री से० पर खौलता है। यह बताइए कि पानी में चीनी घोल देने से शुद्ध पानी के हिमाक और क्वथनांक पर क्या प्रभाव पडेगा।

8 तापमान का इन पर क्या असर होता है:

(क) पानी मे ठोस की विलयशीलता पर, (ख) पानी में गैस की विलयशीलता पर।

9. घोलो के महत्व को स्पष्ट कीजिए। इनके तीन महत्वपूर्ण उपयोग बताइए।

अध्याय 10

# द्रव्य में परिवर्तन और रासायनिक समीकरण

## 10.1 परिवर्तन के प्रकार

प्रकृति में द्रव्य में निरंतर परिवर्तन होता रहता है। कुछ परिवर्तन *सरल* और *अस्थायी* होते हैं। इन परिवर्तनो को *भौतिक परिवर्तन* कहते हैं। नीचे इनके कुछ उदाहरणो के प्रयोग दिए गए हैं।

**प्रयोग 1.**

एक बीकर मे कुछ पानी लीजिए। बीकर को नमक और बर्फ के मिश्रण से घेर दीजिए। पानी जम कर ठोस बर्फ बन जाएगा। अब बीकर को गर्म कीजिए। बर्फ पिघल कर फिर से पानी बन जाएगी। पानी को खौलने तक गर्म कीजिए। पानी वाष्प के रूप मे बदल जाएगा, जिसे भाप कहते है। भाप को किसी ठंडे जार मे पहुँचाइए। भाप संघनित होकर पानी बन जाएगी। आप देखेंगे कि इस प्रकार ऐसा कोई नया पदार्थ नही बनता जिसकी रचना नई हो, केवल अवस्था में ही अंतर पड़ता है।

**प्रयोग 2.**

पोरसीलेन की प्याली मे थोडा-सा नमक लीजिए। उसमें थोड़ा पानी मिलाइए और काँच की छड से इसे हिलाइए। आप देखेंगे कि नमक पानी में घुल जाएगा और एक घोल बनेगा जो चखने मे नमकीन होगा। इस घोल को खौलाइए। पानी वाष्पित हो जाएगा और प्याली मे नमक अवशिष्ट रह जाएगा। कोई भी नया पदार्थ नही बनेगा।

**प्रयोग 3.**

एक परखनली लेकर उसमे आयोडीन का एक क्रिस्टल गर्म कीजिए। आप देखेंगे कि परखनली के ठडे भागों में बैंजनी रग का वाष्प सघनित हो जाएगा। जो वाष्प सघनित हुआ वह आयोडीन है। इस प्रकार कोई भी नया पदार्थ नहीं बना और केवल अवस्था में परिवर्तन हुआ।

कुछ और परिवर्तन भी होते हैं जो अधिक स्थायी और सामान्यतः अनुत्क्रमणीय होते हैं। जब मैग्नीशियम के फीते को चीनी की प्याली मे गर्म किया जाता है तो उसकी सफेद राख बन जाती है। इस सफेद राख को ठडा करके फिर से मैग्नीशियम के फीते मे नही बदला जा सकता। इस प्रकार के परिवर्तनो को *रासायनिक परिवर्तन* कहते है। इन्हें चार महत्वपूर्ण प्ररूपों में विभाजित किया गया है :

(1) *रासायनिक संयोजन*
(2) *रासायनिक अपघटन*
(3) *सरल विस्थापन*
(4) *द्वि-अपघटन*

आगे दिए गए प्रयोगों द्वारा इन परिवर्तनों को प्रदर्शित किया जा सकता है।

## 10.2 रासायनिक संयोजन

**प्रयोग 4**

मैग्नीशियम के फीते के एक टुकड़े को टाग्स से पकडकर अदीप्त बुन्सन ज्वाला में रखकर बाहर निकाल लीजिए । आप देखेंगे कि यह आँखों को चकाचौंध कर देने वाले प्रकाश के साथ बराबर जलता रहेगा और उससे मैग्नीशियम ऑक्साइड का सफेद चूरा बनता जाएगा । मैग्नीशियम ऑक्सीजन से सयोजित होता है जिसमें ऊष्मा और प्रकाश निकलते हैं और मैग्नीशियम ऑक्साइड बनता है ।

मैग्नीशियम + ऑक्सीजन → मैग्नीशियम ऑक्साइड

**प्रयोग 5.**

एक परखनली में थोडी-सी गंधक (सल्फर) लेकर उसे पिघलाइए और फिर उसमें कुछ लोहे की रेतनो के टुकडे डालकर गर्म कीजिए । लोहा और गंधक (सल्फर) सयुक्त हो जाएँगे और गर्म करने पर इसमे से चिनगारियाँ निकलेगी और आयरन सल्फाइड बन जाएगा ।

लोहा (आयरन) + गधक (सल्फर) → आयरन सल्फाइड

**प्रयोग 6.**

एक मजबूत और डाटदार गोला लीजिए । इसमें हाइड्रोजन और क्लोरीन गैसों का बराबर-बराबर मिश्रण लेकर इसे प्रकाश दिखाइए । दोनो गैसें मिल कर हाइड्रोजन क्लोराइड बनाएँगी ।

(*सावधानी*—यह अभिक्रिया बहुत उग्र होती है, इसलिए प्रयोग रक्षात्मक पिंजरे में करना चाहिए ।)

हाइड्रोजन क्लोराइड पानी में घुल जाता है और इससे सिल्वर नाइट्रेट घोल की अभिक्रिया करने पर सफेद रंग का अवक्षेप बन जाता है ।

हाइड्रोजन + क्लोरीन → हाइड्रोजन क्लोराइड

**प्रयोग 7.**

3 आयतन : 1 आयतन के अनुपात मे हाइड्रोजन और ऑक्सीजन लेकर इनके मिश्रण का विस्फोट कीजिए । इसके लिए चित्र-16 की तरह नली में फ्यूज किए हुए प्लैटिनम के तारो के बीच में बिजली की चिनगारी गुजारिए । यह काम पारे के ऊपर गैस आयतनमापी नली मे होना चाहिए । ठडा करने पर आयतन सिकुडेगा और पारे की सतह पर तथा नलकी की दीवारों पर पानी की बूँदें दिखाई पडेंगी । हाइड्रोजन ऑक्सीजन से मिलकर पानी बनाती है ।

हाइड्रोजन + ऑक्सीजन → पानी

## 10.3 रासायनिक अपघटन

**प्रयोग 8.**

कठोर काँच की परखनली में थोड़ा-सा लाल सीसा गर्म कीजिए । नली मे एक लाल गर्म शित-खंड या खपच्ची डालिए । यह शितखंड एकदम प्रज्वलित हो जाएगा जिससे यह पता चलता है कि ऑक्सीजन निकली है । परखनली मे पीले रंग का लिथार्ज अवशिष्ट रह जाएगा । यह ऊष्मा द्वारा रासायनिक अपघटन का एक उदाहरण है । लाल सीसा ऑक्सीजन और लिथार्ज में अपघटित हो जाता है ।

लाल सीसा → लिथार्ज + ऑक्सीजन

**प्रयोग 9.**

एक परखनली में पानी में विलंबित थोड़ा-सा सिल्वर ब्रोमाइड लीजिए । नली को डाट लगाकर धूप में रख दीजिए । अब रंग के परिवर्तन की ओर ध्यान दीजिए । पीला-सा सफेद रंग बदल कर गहरा धूसर रग हो जाएगा । धूसर रंग धात्विक चाँदी के बनने के कारण आता है, जो बहुत बारीक-बारीक

शक्ल में होती है। सिल्वर ब्रोमाइड का प्रकाश द्वारा अपघटन हो जाता है।

सिल्वर ब्रोमाइड → सिल्वर + ब्रोमाइड

**प्रयोग 10**

जैसा कि चित्र-17 में दिखाया गया है, एक वोल्टामीटर मे अम्लीकृत पानी मे से बिजली की धारा गुजारिए। पानी अपघटित हो जाएगा और दोनो गैसें दो नलकियो में जमा हो जाएँगी। जो दहन में सहायक होगी वह ऑक्सीजन गैस है और दूसरी जो स्वयं जलती है वह हाइड्रोजन है।

पानी → हाइड्रोजन + ऑक्सीजन

**प्रयोग 11.**

एक परखनली मे ताँबे के एक टुकडे पर सांद्रित नाइट्रिक एसिड की कुछ बूंदे गिराइए। ऐसा करने से लाल भूरे रंग के धूम निकलेंगे और हरे रंग का कॉपर नाइट्रेट का घोल बन जाएगा। ताँबे के स्पर्श मात्र से नाइट्रिक एसिड अपघटित हो जाती है और गर्मी पैदा होती है।

कॉपर + नाइट्रिक एसिड → कॉपर नाइट्रेट + नाइट्रोजन पैराऑक्साइड के लाल से भूरे रंग के धूम

## 10.4 सरल विस्थापन

**प्रयोग 12.**

जैसा कि चित्र-40 में दिखाया गया है, लोहे की एक कील लेकर उसे कॉपर सल्फेट में छोड़ दीजिए। लोहे की इस कील पर लाल रंग का ताँबा जमा होने लगेगा।

कॉपर सल्फेट + लोहा → आयरन सल्फेट + ताँबा

यह सरल विस्थापन का एक उदाहरण हुआ।

## 10.5 द्वि-अपघटन

**प्रयोग 13.**

एक बीकर में सोडियम क्लोराइड (नमक) के घोल में कुछ सिल्वर नाइट्रेट का घोल डालिए। इससे सफेद अवक्षेप प्रगट होगा। छानने के बाद जो घोल प्राप्त होगा उसमें सोडियम नाइट्रेट होगा।

सोडियम क्लोराइड + सिल्वर नाइट्रेट → सिल्वर क्लोराइड + सोडियम नाइट्रेट

यह द्वि-अपघटन का उदाहरण है।

## 10.6 रासायनिक परिवर्तन के अभिलक्षण और स्थितियाँ

ऊपर के प्रयोगों में रासायनिक परिवर्तन के अभिलक्षण और स्थितियाँ दी गई है। ये इस प्रकार हैं:

(क) *अभिलक्षण*

i) एक या अधिक नए पदार्थ इन पदार्थों के अणुओ के अपघटन या उनके भागो की पुनर्व्यवस्था से बनते हैं।

ii) ऊष्मा या तो निकलती है या अवशोषित होती है।

iii) कुछ में प्रकाश भी निकलता है।

(ख) *रासायनिक परिवर्तनों को प्रभावित करने वाली स्थितियाँ*

i) ऊष्मा

ii) प्रकाश

iii) विद्युत

iv) निकट संस्पर्श

आघात और विस्फोट से भी रासायनिक परिवर्तन होते हैं। यह कुछ विशेष मामलो में ही बताया जाएगा ।

## 10.7 रासायनिक समीकरण

रासायनिक समीकरणो का उद्देश्य रासायनिक परिवर्तन या अभिक्रिया को परिणामात्मक रीति से संक्षिप्त रूप मे प्रस्तुत करना है। नीचे कुछ सरल उदाहरण दिए जाते है :

i) हाइड्रोजन ऑक्सीजन मे जलती है और इससे पानी बनता है। इस अभिक्रिया को प्रतीक रूप मे इस प्रकार लिखा जाता है।

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

हाइड्रोजन ऑक्सीजन जल
(2 अणु) (1 अणु) (2 अणु)

ii) रैड लेड या लाल सीसा गर्म होने पर लिथार्ज और ऑक्सीजन में अपघटित होता है। इस अभिक्रिया को यों लिखा जाता है :

$$2Pb_3O_4 \rightarrow 6PbO + O_2$$

लाल सीसा लिथार्ज ऑक्सीजन
(2 अणु) (6 अणु) (1 अणु)

iii) जस्त और सल्फ्यूरिक एसिड की अभिक्रिया से हाइड्रोजन और जिंक सल्फेट बनते हैं। इस अभिक्रिया को इस प्रकार लिखा जाता है :

$$Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2$$

जस्त सल्फ्यूरिक एसिड जिंक सल्फेट हाइड्रोजन
(1 अणु) (1 अणु) (1 अणु) (1 अणु)

iv) जब नमक के घोल में सिल्वर नाइट्रेट डाला जाता है तो सिल्वर क्लोराइड का सफेद अवक्षेप बन जाता है और सोडियम नाइट्रेट घोल के रूप मे रह जाता है। इस अभिक्रिया को यों लिखा जाता है:

$$AgNO_3 + NaCl \rightarrow AgCl + NaNO_3$$

सिल्वर नाइट्रेट सोडियम क्लोराइड सिल्वर क्लोराइड सोडियम नाइट्रेट
(1 अणु) (1 अणु) (1 अणु) (1 अणु)

## 10.8 रासायनिक समीकरण कैसे लिखे और संतुलित किए जाते हैं

ऊपर जो उदाहरण दिए गए है, रासायनिक समीकरण उनसे अधिक जटिल होते हैं। इनके लिखने और संतुलित करने में इन बातों को ध्यान मे रखा जाता है :

(1) प्रयोग सबधी तथ्यों को सही-सही लिखा जाता है अर्थात अभिकारकों और परिणामियों का ठीक पता होना चाहिए।

(2) अभिकारको को अर्थात उन पदार्थों को बाईं ओर लिखा जाता है जो अभिक्रिया करते हैं और परिणामियो को अर्थात जो उत्पाद बनाते हैं उनको तीर या बराबरी के चिह्न के दाईं ओर लिखा जाता है।

(3) अभिकारको और परिणामियो को उनके आणविक सूत्रों के रूप में लिखा जाता है।

(4) समीकरण को संतुलित करने के लिए सूत्र से पहले सतुलित करने वाले समाकल अंक लिखे जाते हैं जिन्हें *गुणांक* कहते हैं। ऐसा इसलिए किया जाता है कि बाईं ओर के परमाणुओं की कुल संख्या दाईं ओर के परमाणुओं की कुल संख्या के बराबर हो जाए।

इन बातो को पोटासियम क्लोरेट के ऊष्मा द्वारा अपघटन संबंधी समीकरण में समझाया गया है।

(क) पोटासियम क्लोरेट पोटासियम क्लोराइड और ऑक्सीजन में अपघटित होता है। पोटासियम क्लोरेट अभिकारक है और पोटासियम क्लोराइड तथा ऑक्सीजन परिणामी उत्पाद हैं।

(ख) पोटासियम क्लोरेट, पोटासियम क्लोराइड और ऑक्सीजन के आणविक सूत्र हैं :

$KClO_3$, $KCl$ और $O_2$

इसका समीकरण यह है :

$$KClO_3 \rightarrow KCl + O_2 \quad \text{(सतुलित नही)}$$

पोटासियम क्लोरेट के 2 अणु लेने से समीकरण बन जाता है :

$$2\,KClO_3 \rightarrow 2\,KCl + 3O_2 \quad \text{(सतुलित)}$$

गुणाक अभिक्रिया करने वाले अथवा उत्पन्न होने वाले अणुओ की संख्या बताते है। सतुलित समीकरण का अर्थ यह होता है कि पोटासियम क्लोरेट के दो अणु अपघटित होकर पोटासियम क्लोराइड के दो अणु व ऑक्सीजन के तीन अणु बनाते हैं।

क्योकि अणु ग्रामो में निश्चित भार को भी प्रगट करते है, इसलिए हम जानते हैं कि अभिकारकों और उत्पादो मे भार के अनुसार क्या समानुपात है। इस प्रकार अभिक्रिया में भाग लेने वाले पदार्थो के भारो का परिकलन किया जा सकता है, किन्तु उन समीकरणो में जोकि यहाँ दिए गए हैं प्राप्त होने वाली अथवा खोई जाने वाली ऊर्जा का कोई हिसाब नही लगाया गया है। रासायनिक अभिक्रियाओ मे ऊर्जा के जो परिवर्तन होते हैं उस प्रश्न को रसायन की ऊँची पुस्तको मे लिया जाएगा। किन्तु यहाँ रासायनिक समीकरणों पर आधारित परिकलनों के कुछ उदाहरण दिए जा रहे है।

उदाहरण–1

यदि दो ग्राम जस्त (जिंक) की अधिक मात्रा में सल्फ्यूरिक एसिड से अभिक्रिया की जाए तो बताइए कि इससे बनने वाले जिंक सल्फेट का कितना भार होगा। यह भी मालूम कीजिए कि जो सल्फ्यूरिक एसिड काम मे आई उसका भार कितना था।

जस्त और सल्फ्यूरिक एसिड की अभिक्रिया होने से जिक सल्फेट और हाइड्रोजन बनते हैं। इस अभिक्रिया का समीकरण यह है :

| $Zn$ | $+\ H_2SO_4$ | $=\ ZnSO_4$ | $+\ H_2$ |
|---|---|---|---|
| 65·4 ग्राम | 98 ग्राम | 161·4 ग्राम | 2 ग्राम |

इस प्रकार 65·4 ग्राम जस्त 98 ग्राम सल्फ्यूरिक एसिड से अभिक्रिया करता है, जिससे 161 4 ग्राम जिंक सल्फेट और 2 ग्राम हाइड्रोजन बनती है।

2 ग्राम जस्त से उत्पादित जिंक सल्फेट—

$$= \frac{161 \cdot 4}{65 \cdot 4} \times 2$$
$$= 4 \cdot 93 \text{ ग्राम}$$

और उपयुक्त सल्फ्यूरिक एसिड का भार—

$$= \frac{98}{65\ 4} \times 2$$
$$= 2 \cdot 99 \text{ ग्राम}$$

उदाहरण–2

उस सिल्वर क्लोराइड का भार मालूम कीजिए जो 2 ग्राम नमक से बनेगा। यह भी बताइए कि इसके लिए जो सिल्वर नाइट्रेट काम आएगा उसका कितना भार होगा।

अभिक्रिया का समीकरण यह होगा :

$A_gNO_3 + N_aCl \rightarrow A_gCl + N_aNO_3$

170 ग्राम 58 5 ग्राम 143·5 ग्राम 85 ग्राम

इस प्रकार 170 ग्राम सिल्वर नाइट्रेट 58·5 ग्राम नमक से अभिक्रिया करता है और इससे 143 5 ग्राम सिल्वर क्लोराइड और 85 ग्राम सोडियम नाइट्रेट बनेगा।

2 ग्राम नमक से बने सिल्वर क्लोराइड का भार

$= \frac{143\ 5}{58\ 5} \times 2$

$= 4\ 9$ ग्राम

और इसके लिए आवश्यक सिलवर नाइट्रेट का भार

$= \frac{170}{58\ 5} \times 2$

$= 5\ 81$ ग्राम

## संक्षेप

द्रव्य में दो प्रकार के परिवर्तन होते हैं (1) *भौतिक परिवर्तन* और (2) *रासायनिक परिवर्तन*। *भौतिक परिवर्तन* अस्थायी होता है।

*रासायनिक परिवर्तन* स्थायी परिवर्तन होता है। यह परिवर्तन ऊष्मा, प्रकाश, विद्युत, निकट संस्पर्श से और आघात तथा विस्फोट से भी होता है। रासायनिक परिवर्तन से कम से कम एक नया पदार्थ अवश्य बनता है।

रासायनिक प्रक्रिया मे प्रायः तापमान में परिवर्तन अवश्य होता है (या तो रासायनिक परिवर्तन के दौरान ऊष्मा निकलती है या उसका अवशोषण होता है)।

*रासायनिक संयोजन* एक रासायनिक परिवर्तन है जिसमें दो या अधिक पदार्थों के सयोजन से एक नया पदार्थ बनता है।

*रासायनिक अपघटन* भी रासायनिक परिवर्तन है जिसमें एक पदार्थ के विघटन से दो या अधिक नए पदार्थ बनते हैं।

सरल विस्थापन एक रासायनिक परिवर्तन है जिसमे एक पदार्थ का कोई एक मूलतत्व दूसरे मूलतत्व द्वारा विस्थापित कर दिया जाता है और एक नया पदार्थ बन जाता है।

द्वि-अपघटन वह रासायनिक परिवर्तन है जिसमें किसी घोल में दो पदार्थ अपने-अपने साथियो का आदान-प्रदान कर लेते है।

*रासायनिक समीकरण* अभिकारकों और परिणामियों का वह मात्रात्मक संबंध है, जो उनके अणु सूत्रों के रूप मे व्यक्त किया जाता है।

*अभिकारक* वे पदार्थ है जो किसी अभिक्रिया में भाग लेते हैं। *परिणामी* वह पदार्थ हैं जो अभिक्रिया से उत्पन्न होते है।

## दोहराने के लिए प्रश्न

1. उन परिवर्तनों के प्रकार बताइए जो द्रव्य में होते हैं ? उदाहरण देकर अपने उत्तर को स्पष्ट कीजिए ।

2. रासायनिक परिवर्तन के अभिलक्षण बताइए और उदाहरण दीजिए । चार ऐसे उदाहरण दीजिए जिनसे यह प्रगट हो कि द्रव्य में जो रासायनिक परिवर्तन होते हैं उनसे नए पदार्थ बनते हैं ।

3. रासायनिक संयोजन क्या होता है ? इसके कम से कम दो उदाहरण दीजिए ।

4 रासायनिक अपघटन क्या होता है ? यह कैसे होता है ? इसको समझाने के लिए कम-से-कम दो उदाहरण दीजिए ।

5. सरल विस्थापन क्या होता है ? दो उदाहरण देकर स्पष्ट कीजिए ?

6. द्वि-अपघटन का क्या अर्थ होता है ? इसके लिए भी दो उदाहरण दीजिए ।

7. वे कौन-सी स्थितियाँ हैं जिनका रासायनिक परिवर्तन पर प्रभाव पड़ता है ? उदाहरण देकर इस बात को स्पष्ट कीजिए ।

8. जब ऐसा होता है तो किस प्रकार का परिवर्तन होता है :

i) आयोडीन को गर्म किया जाता है ।

ii) लाल सीसा (रैड लेड) गर्म किया जाता है ।

iii) अम्लीकृत पानी में विद्युत गुजारी जाती है ।

iv) सिल्वर नाइट्रेट घोल में जस्त की छड़ रखी जाती है ।

v) सिल्वर नाइट्रेट घोल में हाइड्रोक्लोरिक एसिड डाला जाता है ।

vi) गंधक को वायु में जलाया जाता है ।

vii) पिघली हुई गंधक में लोहे की रेतन डाली जाती है ।

viii) चूने का पत्थर गर्म किया जाता है ।

ix) संगमरमर और हाइड्रोक्लोरिक एसिड को मिलाया जाता है ।

9. रासायनिक समीकरण रासायनिक परिवर्तनों को मात्रात्मक रूप में व्यक्त करते हैं । इस कथन को उदाहरण देकर समझाइए ।

10. बताइए कि इस व्यंजक में क्या बात निहित है :

(i) $CaCO_3+2HCl \rightarrow CaCl_2+H_2O+CO_2$

(ii) $2NH_4Cl+2KNO_2 \rightarrow 2KCl+2N_2+4H_2O$

11 रासायनिक समीकरणो को कैसे लिखा और संतुलित किया जाता है। एक उदाहरण देकर अपना उत्तर स्पष्ट कीजिए।

12 यदि 0 12 ग्राम मैग्नीशियम के फीते को ऑक्सीजन में पूरी तरह भस्म कर दिया जाता है तो इससे बनने वाले उत्पाद का भार निकालिए।

13. उस हाइड्रोक्लोरिक एसिड का भार निकालिए जो 2 ग्राम कैल्सियम कार्बोनेट को पूर्णतः अपघटित करने के लिए आवश्यक होगी।

14. 2·45 ग्राम पोटासियम क्लोरेट से जो पोटासियम क्लोराइड बनगा, उसका भार मालूम कीजिए।

अध्याय 11

# परमाणु भार, अणु भार, तुल्य भार और संयोजकता

## 11.1 परमाणु भार

मूलतत्व परमाणुओं से मिलकर बनते है जोकि बहुत ही सूक्ष्म होते हैं। इन परमाणुओ के वास्तविक भार तो इतने न्यून होते है कि रासायनिक परिकलनो मे उनका प्रयोग नही हो सकता। अत. हमें रसायन-शास्त्र में उनके वास्तविक भार की अपेक्षा उनके सापेक्ष भार से अधिक दिलचस्पी होती है। इन सापेक्ष भारों को मूलतत्वों के रासायनिक *परमाणु भार* कहा जाता है। डाल्टन ने हाइड्रोजन यानी सबसे हल्के तत्व को मानक चुना। उसने और उसके बाद के कुछ रसायनज्ञो ने हाइड्रोजन के परमाणु भार को एक माना जबकि इसका वास्तविक भार ($1\ 673 \times 10^{-24}g$) जैसा कि अब तक मालूम है बहुत ही कम होता है। उन्होने अन्य तत्वो के भार की हाइड्रोजन के भार से तुलना की, और यह पाया कि ऑक्सीजन के परमाणु का भार हाइड्रोजन के परमाणु के भार का 15·88 गुना होता है। कई कारणो से हाइड्रोजन की अपेक्षा ऑक्सीजन को तत्व की दृष्टि से कही अधिक सुविधाजनक मानक पाया गया। एक अत्यंत महत्वपूर्ण कारण यह था कि ऑक्सीजन सबसे अधिक तत्वो के साथ संयुक्त होती है। अंतर्राष्ट्रीय करारो द्वारा इसका भार 16·00 निर्धारित किया गया। ऑक्सीजन को मानक (=16 00) मानकर हाइड्रोजन का भार 1·008 होता है। *किसी भी मूलतत्व के परमाणु भार की परिभाषा इस प्रकार की गई कि यह उस मूलतत्व के एक परमाणु का ऑक्सीजन के एक परमाणु के भार से सबधित भार है और ऑक्सीजन का भार 16·00 है।* आजकल कार्बन (=12) मानक माना जाता है। इससे कोई खास अंतर नहीं पडता। परमाणु भार एक संख्या है और जब यह ग्रामो में प्रगट किया जाता है तो यह *ग्राम-परमाणु भार* या *ग्राम-परमाणु* कहलाता है।

कुछ आम मूलतत्वो के परमाणु भार ऑक्सीजन (=16 00) के आधार पर नीचे दिए गए हैं।

| *मूलतत्व* | *प्रतीक* | *परमाणु भार* |
|---|---|---|
| ऑक्सीजन | O | 16·000 |
| हाइड्रोजन | H | 1·008 |
| नाइट्रोजन | N | 14·008 |
| कार्बन | C | 12·011 |

| मूलतत्व | प्रतीक | परमाणु भार |
|---|---|---|
| सल्फर | S | 32·066 |
| फॉस्फोरस | P | 30 975 |
| क्लोरीन | Cl | 35 457 |
| सोडियम | Na | 22 991 |
| पोटाशियम | K | 39 100 |
| मैग्नीशियम | Mg | 24 32 |
| कैल्सियम (चूना) | Ca | 40·08 |
| लोहा | Fe | 55 85 |
| ताँबा | Cu | 63·54 |
| सिल्वर | Ag | 107 88 |
| सोना | Au | 197 00 |
| जिंक (जस्त) | Zn | 65·38 |
| पारा | Hg | 200 61 |
| ऐल्युमिनियम | Al | 26 98 |
| टिन | Sn | 118 70 |
| सीसा | Pb | 207 21 |

नोट : कार्बन (=12) के आधार पर परमाणु भार ऊपर दिए हुए मानो को $\frac{12}{12{\cdot}011}$ मे गुणा करके निकाले जा सकते हैं।

## 11.2 अणु भार

हम यह पढ चुके है कि अणु परमाणुओ का एक समूह होता है। किसी मूलतत्व के अणु में एक ही प्रकार के एक या अधिक परमाणु होते हैं किन्तु किसी यौगिक के एक अणु मे भिन्न प्रकार के परमाणु दो-दो या इससे अधिक के समूह में रहते हैं। एक अणु का भार उसमें मौजूद परमाणुओं के कुल भार के बराबर होता है। क्योंकि परमाणु-भार सापेक्ष होते हैं, इसलिए अणु भार भी सापेक्ष रहते हैं। *किसी पदार्थ के अणु भार की परिभाषा इस प्रकार की जा सकती है कि यह उस पदार्थ के अणु का हाइड्रोजन (1·008) के एक परमाणु या ऑक्सीजन (16·00) के परमाणु या कार्बन (12·00) के एक परमाणु के भार से संबंधित भार है।* अणु भार एक सख्या है। जब इसे ग्रामो मे प्रगट किया जाता है तो इसे पदार्थ का ग्राम-अणु भार या ग्राम-अणु या *'मोल'* (mole) कहा जाता है। पदार्थ के अणु सूत्र में जितने परमाणु होते है उनके भार को जोड लेने से उस पदार्थ का अणु भार निकल आता है। नीचे लिखे सरल उदाहरणो से यह बात समझाई जा सकती है।

(i) पानी के अणु में, जिसे $H_2O$ लिखा जाता है, हाइड्रोजन के दो परमाणु और ऑक्सीजन का एक परमाणु होता है।

हाइड्रोजन का परमाणु भार=1 008 और ऑक्सीजन का=16·00

अत: पानी का अणु भार=2×1·008+16·00
=18 016

(ii) कार्बन डाइऑक्साइड अणु को इस प्रकार लिखा जाता है $CO_2$। इसमे कार्बन का एक परमाणु और ऑक्सीजन के दो परमाणु होते हैं। कार्बन का एक परमाणु भार=12·011 और ऑक्सीजन का परमाणु भार=16·00। इसलिए कार्बन डाइऑक्साइड का अणु भार=12·011+2×16 00=44·011।

(iii) नमक का अणु इस प्रकार लिखा जाता है NaCl। इसमे सोडियम का और क्लोरीन का एक-एक परमाणु होता है।

सोडियम का परमाणु भार=22·99 और क्लोरीन का परमाणु भार=35·45।

इस प्रकार नमक का अणु भार = 22 99 + 35·45 = 58·44

(iv) चूने के पत्थर का अणु इस प्रकार लिखा जाता है $CaCO_3$। इसमें कैल्सियम का एक परमाणु

कार्बन का एक परमाणु, और ऑक्सीजन के तीन परमाणु होते है।

कैल्सियम का परमाणु भार=40.08, कार्बन का परमाणु भार=12.011 और ऑक्सीजन का परमाणु भार=16·00

इस प्रकार चूने के पत्थर का अणु भार

$=40 \cdot 08+12.011+3 \times 16.00$

$=100.091$

किसी भी पदार्थ के एक निश्चित भार में मोलो की जितनी सख्या होती है वह पदार्थ के ग्रामो मे भार और *ग्राम-अणु* का अनुपात होती है अर्थात

$$Wg \text{ (ग्रामों मे भार) में मोलो की संख्या} = \frac{Wg}{\text{ग्राम-अणु}}$$

*उदाहरण*

0·49 ग्राम $H_2SO_4$ में मोलो और मिलिमोलो की सख्या निकालिए। (H=1·008, S=32, O=16·00)

$H_2SO_4$ का सूत्र भार $= 2 \times 1 \cdot 0088 + 32 + 4 \times 16 = 98$

अत: 0.49 ग्राम $H_2SO_4$ में मोलो की सख्या

$$= \frac{0 \cdot 49}{98} = 0.005$$

क्योंकि 1 मोल = 1000 मिलिमोल

अत: मिलिमोलों की संख्या $= 0.005 \times 1000 = 5$ (उत्तर)

## 11.3 तुल्य भार और संयोजकता

तुल्य-भार एक और ऐसा पद है, जिसका बहुत बार प्रयोग होता है। मूलतत्व सदा अपने परमाणु भार के अनुसार ही सयोजित नहीं होते। यह इस कारण होता है कि भिन्न-भिन्न मूलतत्वो की संयोजन क्षमता भी भिन्न होती है। परमाणुओ की परस्पर संयोजन की क्षमता को *संयोजकता* कहते हैं। उदाहरणार्थ,

(i) क्लोरीन का एक परमाणु हाइड्रोजन के एक परमाणु से संयोजित होता है।

(ii) ऑक्सीजन का एक परमाणु हाइड्रोजन के दो परमाणुओं से संयोजित होता है।

(iii) नाइट्रोजन का एक परमाणु हाइड्रोजन के तीन परमाणुओ से संयोजित होता है।

(iv) कार्बन का एक परमाणु हाइड्रोजन के चार परमाणुओ से सयोजित होता है।

क्योकि हाइड्रोजन की संयोजकता एक मान ली गई है, इसलिए क्लोरीन, ऑक्सीजन, नाइट्रोजन और कार्बन की संयोजकता 1, 2, 3 और 4 होती है। क्योकि ऑक्सीजन के 8 भाग हाइड्रोजन के एक भाग से सयोजित होती है और ऑक्सीजन की सयोजकता 2 है, इसलिए, निम्न संबंध स्थिर किया जा सकता है।

$$\frac{\text{ऑक्सीजन का परमाणु भार}}{\text{सयोजकता}} = \frac{16}{2} = 8$$

और 8 ऑक्सीजन का तुल्य भार कहलाता है।

$$\text{इस प्रकार} \quad \frac{\text{परमाणु-भार}}{\text{तुल्य भार}} = \text{सयोजकता}$$

परमाणु भार/तुल्य भार वह पूर्णांक है, जो किसी मूलतत्व की *संयोजकता* होती है। इसकी परिभाषा यो की गई है कि यह वह *संख्या है जो यह बताती है कि हाइड्रोजन या अन्य किसी एक सयोजक तत्व के साथ दिए हुए तत्व के कितने परमाणु संयोजित होते है या उसके द्वारा विस्थापित होते है।*

किसी मूलतत्व का तुल्य भार उसके परमाणु भार को संयोजकता से भाग देकर मालूम किया जा सकता है। यदि हम कोई मानक स्थिर कर दें, तो सभी मूलतत्वो के तुल्यांक भी तुलनात्मक हो

जाएँगे। ऑक्सीजन क्योकि एक क्रियाशील मूलतत्व है अतः इसी को मानक मान लिया जाता है और इसका तुल्य भार 8 निर्धारित कर दिया जाता है।

इस प्रकार *किसी भी मूलतत्व के तुल्य भार की परिभाषा यों की जाती है कि यह वह संख्या है जो यह बताती है कि मूलतत्व के भार के अनुसार कितने भाग ऑक्सीजन के 8 भागो से या किसी भी मूलतत्व (H=1·008, Cl=35·45) के तुल्य भार से संयोजित होते हैं।*

जब तुल्य भार ग्रामो मे व्यक्त किया जाता है तो इसे *ग्राम-तुल्य भार या ग्राम-तुल्याक* कहते हैं।

इन सरल उदाहरणो से इस बात को समझाया जा सकता है।

1) 8 ग्राम ऑक्सीजन 1·008 ग्राम हाइड्रोजन से, और 1·008 ग्राम हाइड्रोजन 35·45 ग्राम क्लोरीन से संयोजित होती है।

∴ हाइड्रोजन का तुल्य भार=1·008
और क्लोरीन का तुल्य भार=35·45

2) 12 ग्राम मैग्नीशियम 8 ग्राम ऑक्सीजन से संयुक्त होता है

मैग्नीशियम का तुल्य भार=12

यह आवश्यक नही कि मूलतत्वो का तुल्य भार एक ही हो। कुछ तत्व जैसे Cu, Fe का एक से अधिक तुल्य भार होता है क्योंकि उनकी संयोजकताएँ भी एक से अधिक होती हैं।

किसी भी एक मूलतत्व का तुल्य भार ही दूसरे मूलतत्व के तुल्य भार से अभिक्रिया करता है। इसे *तुल्याक नियम* कहा जाता है।

तुल्य भार निकालने के कुछ सरल उदाहरण नीचे दिए जाते है।

*उदाहरण 1.*

जब 2·32 ग्राम सिल्वर ऑक्साइड को बहुत गर्म किया गया तो उससे 2·16 ग्राम चाँदी अवशिष्ठ रहे। चाँदी का तुल्य भार निकालिए :

सिल्वर ऑक्साइड का भार 2·32 ग्राम
चादी का भार 2·16 ग्राम
संयोजित ऑक्सीजन का भार 2·32–2·16 =0·16 ग्राम

$$\text{चाँदी का तुल्य भार} = \frac{2{\cdot}16}{0{\cdot}16} \times 8 = 108$$

*उदाहरण 2.*

0·24 ग्राम मैग्नीशियम ने हाइड्रोक्लोरिक एसिड में से 0·02 ग्राम हाइड्रोजन को विस्थापित किया। मैग्नीशियम का तुल्य भार मालूम कीजिए। हाइड्रोजन का तुल्य भार 1·008 है।

$$\text{मैग्नीशियम का तुल्य भार} = \frac{\text{मैग्नीशियम का भार}}{\text{हाइड्रोजन का भार}}$$

$$\times \text{हाइड्रोजन का तुल्य भार} = \frac{0{\cdot}24}{0{\cdot}02} \times 1{\cdot}008$$

$$= 12{\cdot}096$$

*उदाहरण 3.*

सिल्वर क्लोराइड मे 24·6 प्रतिशत क्लोरीन होता है तो चाँदी का तुल्य भार बताइए।

सिल्वर क्लोराइड में चाँदी का प्रतिशत 100–24·6 =75·4

$$\text{चाँदी का तुल्य भार} = \frac{75{\cdot}4}{24{\cdot}6} \times \text{क्लोरीन का तुल्य भार}$$

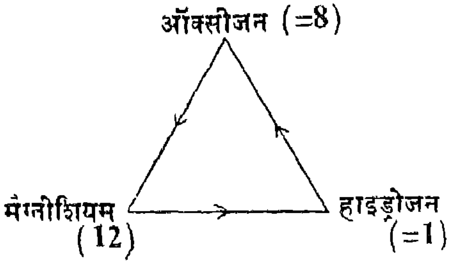
$$= \frac{75{\cdot}4}{24{\cdot}6} \times 35{\cdot}45$$

$$= 108{\cdot}6$$

तुल्य भार का विचार *तुल्याक नियम* अथवा *पारस्परिक समानुपातों* के नियम से सबंध है। इस नियम से भार के अनुसार उन समानुपातो का

पता चलता है जिन समानुपातों में मूलतत्व एक-दूसरे-से संयोजित होते है या एक दूसरे को विस्थापित करते हैं। नीचे दो सरल उदाहरण दिए जा रहे है।

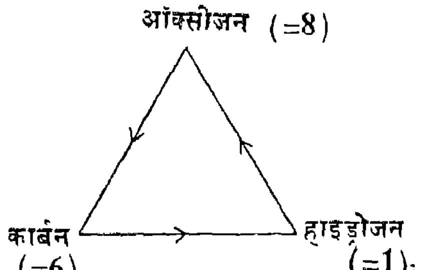
1) ऑक्सीजन हाइड्रोजन और मैग्नीशियम से संयोजित होती है और अम्लो में से मैग्नीशियम द्वारा हाइड्रोजन विस्थापित होती है। इस सबंध को यो दिखाया जा सकता है :




इस प्रकार :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ऑक्सीजन | : | मैग्नीशियम | . : | 8:12 |
| ऑक्सीजन | : | हाइड्रोजन | : : | 8·1 |
| मैग्नीशियम | : | हाइड्रोजन | : : | 12:1 |

(ii) कार्बन, हाइड्रोजन और ऑक्सीजन एक-दूसरे-से संयोजित होते है और उनका संबंध नीचे दिया जाता है।




इस प्रकार

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| हाइड्रोजन | : | ऑक्सीजन | : : | 1:8 |
| हाइड्रोजन | : | कार्बन | : : | 1:6 |
| कार्बन | : | ऑक्सीजन | : : | 6 8 |

ऊपर के उदाहरणों से यह सिद्ध होता है कि दो मूलतत्व (क और ख) के भार जो तीसरे मूलतत्व (ग) के एक ही भार से अलग-अलग संयोजित होते है या उसे विस्थापित करते हैं, वे (क) और (ख) के वही भार हैं जो आपस में एक-दूसरे-से संयोजित होते या उन्हे विस्थापित करते हैं या उनके सरल गणज हैं। यही तुल्याक या पारस्परिक समानुपात नियम है।

## 11.4 रासायनिक सूत्र कैसे व्युत्पन्न होते और लिखे जाते हैं

किसी अकार्बनिक यौगिक (ऑक्साइड, हाइड्राक्साइड, अम्ल, क्षारक या लवण) के दो भाग होते हैं, एक *धनात्मक भाग* होता है और दूसरा *ऋणात्मक भाग* होता है। प्रत्येक भाग की एक निश्चित सयोजकता (धनात्मक भाग के लिए + और ऋणात्मक भाग के लिए –) होती है और यह एक प्रतीक की भाँति लिखी जाती है। इसलिए किसी यौगिक के उदासीन अणु का रासायनिक सूत्र, संयोजकताओ के विपरीत अनुपात में दोनो भागो के प्रतीकों का समूह होगा। नीचे के उदाहरणो से यह बात और स्पष्ट हो जाएगी।

(क) सोडियम सल्फेट के दो भाग होते है :

i) सोडियम जिसे $Na^+$ लिखा जाता है।

ii) सल्फेट जिसे $SO_4^{=}$ लिखा जाता है। इसलिए सोडियम सल्फेट के उदासीन अणु का रासा-

यनिक सूत्र होगा $Na_2(SO_4)_1$ या $Na_2SO_4$

(ख.) कैल्सियम कार्बोनेट के दो भाग होते हैं :

i) कैल्सियम जिसे लिखा जाता है $Ca^{++}$

ii) कार्बोनेट जिसे लिखा जाता है $caO_3^{=}$ इसलिए कैल्सियम कार्बोनेट के उदासीन अणु का रासायनिक सूत्र होगा $CaCO_3$ ।

किसी पदार्थ के सूत्र को जोकि परमाणुओ के सरलतम अनुपात को प्रगट करता है, सरलतम या मूलानुपाती सूत्र कहते हैं और वह सूत्र जो पदार्थ का अणु भार प्रगट करता है, अणु सूत्र कहलाता है ।

अणु सूत्र = n × मूलानुपाती सूत्र

जहाँ n एक सख्या है = $\frac{\text{अणु सूत्र भार या अणु भार}}{\text{मूलानुपाती सूत्र भार}}$

किसी अज्ञात यौगिक का मूलानुपाती सूत्र उसकी प्रतिशत संरचना से व्युत्पन्न होता है जो कि प्रयोगात्मक रूप से यौगिक के विश्लेषण द्वारा निर्धारित की जाती है। सूत्र की व्युत्पत्ति मे निम्न बाते आती है :

(i) यौगिक मे उपस्थित प्रत्येक मूलतत्व के प्रतिशत को उसके परमाणु भार से भाग दीजिए। इससे परमाणु अनुपात निकल आते है।

(ii) इन अनुपातो को उच्चतम समान गुणक से भाग देकर सरलतम समाकल अनुपात मे घटाइए।

समाकल अनुपात सख्याओ सहित जो प्रतीक लिखे जाते हैं, उनसे ही मूलानुपाती सूत्र बनता है। निम्नलिखित उदाहरणो से बात समझ में आ जाएगी।

*उदाहरण*

किसी लवण में

Na=32·40 प्र० श०

S =22 53 प्र० श०

O =45·07 प्र० श०

Na, S, और O के परमाणु भार क्रमश· 23, 32 और 16 हैं । लवण का रासायनिक सूत्र निकालिए।

*सोपान* 1 परमाणु अनुपात है :

$$Na = \frac{32{\cdot}40}{23} = 1{\cdot}40$$

$$S = \frac{22{\cdot}53}{32} = 0{\cdot}70$$

$$O = \frac{45{\cdot}07}{16} = 2{\cdot}81$$

*सोपान* 2 परमाणु अनुपातों को समाकल अनुपातो मे घटाया जाता है।

$$Na = \frac{1{\cdot}40}{0{\cdot}70} = 2 \quad O = \frac{2{\cdot}81}{0{\cdot}70} = 4 \text{ लगभग}$$

$$S = \frac{0\ 70}{0{\cdot}70} = 1$$

इस प्रकार लवण का मूलानुपाती सूत्र हुआ।

$Na_2\,S_1\,O_4$ या $Na_2SO_4$

पदार्थों के अणु सूत्र व्युत्पन्न करने के लिए उनके अणु भारो की आवश्यकता होती है, जो कई विधियो से निर्धारित किए जा सकते हैं, जिनका यहाँ उल्लेख संभव नही। अणु भार मूला· नुपाती सूत्र भार का गुणक होता है।

$$\text{अर्थात्} \frac{\text{अणु भार}}{\text{मूलानुपाती सूत्र भार}} = n$$

इस बारे में विस्तार से विचार इस पुस्तक के भाग–3 मे किया जाएगा जिसमें कार्बनिक यौगिकों पर विचार होगा।

## संक्षेप

किसी मूलतत्व का *परमाणु-भार* वह सख्या है जो एक परमाणु के भार को ऑक्सीजन के एक परमाणु के भार के सबध मे प्रकट करती है जबकि ऑक्सीजन का परमाणु भार 16 माना जाता है ।

किसी मूलतत्व का एक *ग्राम-अणु* ग्रामों में बताया हुआ, उसका रसायनिक अणु भार होता है ।
परमाणु का *परम भार* तो बहुत कम होता है ।

किसी पदार्थ का अणु भार उस पदार्थ के एक अणु का ऑक्सीजन के एक परमाणु के भार (=16·00) से सबधित भार होता है ।

अणु भार *सापेक्ष भार* है । यह एक सख्या होती है ।

*ग्राम-अणु* ग्रामो मे दिया हुआ अणु-भार होता है । इसे मोल कहते हैं ।

किसी मूलतत्व का *तुल्य भार* मूलतत्व के उतने भागो की सख्या होती है जितने कि ऑक्सीजन के 8 भागो के साथ या अन्य किसी मूलतत्व के तुल्य भार से सयुक्त होते है (H=1·008, Cl=35 45) ।

*ग्राम-तुल्य* ग्रामों में दिया हुआ तुल्य भार होता है ।

इस अनुपात $\frac{\text{परमाणु भार}}{\text{तुल्य भार}}$ से मूलतत्व की *सयोजकता* मालूम होती है ।

पदार्थ तुल्य समानुपातो मे अभिक्रिया करते हैं ।

एक पदार्थ का तुल्य भार दूसरे पदार्थ के तुल्य भार से अभिक्रिया करता है । इसे तुल्याक **नियम** कहते हैं ।

तुल्याक नियम अथवा अन्योन्य समानुपातो के नियम का सबध भार के अनुसार उन समानुपातों से होता है, जिनमे मूलतत्व परस्पर सयोजित होते है या एक दूसरे को विस्थापित करते है ।

## दोहराने के लिए प्रश्न

1. किसी मूलतत्व के परमाणुभार के अर्थ को स्पष्ट कीजिए ।
2. हम ऑक्सीजन (=16 00) को ही मूलतत्वो के परमाणु भार निश्चित करने के लिए मानक क्यो चुनते है और हाइड्रोजन (=1) को क्यों नही ?
3. ग्राम-परमाणु का क्या अर्थ होता है ? उदाहरण द्वारा अपने उत्तर को स्पष्ट कीजिए ।
4. बताइए कि किसी पदार्थ के अणु भार का क्या अर्थ होता है ?

5. 'ग्राम-अणु' और 'मोल' का क्या अर्थ होता है ? उदाहरण देकर स्पष्ट कीजिए।

6. इनके अणु भार बताइए :

(i) $H_2SO_4$ (ii) NaCl (iii) $H_2O$ (iv) $Na_2CO_3 . 10H_2O$ (v) $HNO_3$ (vi) $AlCl_3$ (vii) $ZnCl_2$ (viii) $MgSO_4 . 7H_2O$.

7. यह बताइए कि किसी मूलतत्व के तुल्य भार का क्या अर्थ है ?

8. किसी मूलतत्व के परमाणु भार और तुल्य भार में क्या संबंध होता है ?

9. किसी मूलतत्व के ग्राम-तुल्यांक का क्या अर्थ होता है ? उदाहरण देकर स्पष्ट कीजिए।

10 किसी मूलतत्व की संयोजकता को आप उसके परमाणु भार और तुल्य भार की सापेक्षकता में कैसे बताएँगे ?

11. तुल्यांक नियम का वर्णन कीजिए। उदाहरण देकर समझाइए कि किस प्रकार इस नियम से हमें मूलतत्वों के तुल्य भार मालूम करने में सहायता मिलती है।

12. धातु के एक ऑक्साइड में 40 प्रतिशत ऑक्सीजन है। धातु का तुल्य भार निकालिए।

13. दो उदाहरण देकर इस कथन को स्पष्ट कीजिए कि दो मूलतत्वों (क) और (ख) के भार जो एक तीसरे मूलतत्व (ग) के उसी भार के साथ अलग-अलग संयोजित होते हैं या उसे विस्थापित करते हैं, (क) और (ख) के वही भार है जो एक दूसरे से संयोजित होते हैं या एक दूसरे को विस्थापित करते हैं। इसमें जो नियम लागू हुआ उसका नाम बताइए ?

14. रसायन-शास्त्र में द्रव्यमान का विचार क्यों आवश्यक है ? उदाहरण देकर उत्तर को स्पष्ट कीजिए।

15. संक्षेप में बताइए कि किसी पदार्थ के रसायनिक सूत्र की कैसे उत्पत्ति होती है और यह कैसे लिखा जाता है। उदाहरण देकर समझाइए।

अध्याय 12

# परमाणुओं की बनावट

## 12.1 परमाणु की आधुनिक संकल्पना

डालटन ने परमाणुओं के बारे में जो विचार प्रस्तुत किया था उसमे पिछले सौ वर्षों में बहुत अधिक परिवर्तन हुआ है। अब परमाणुओं को अविभाज्य कण नहीं माना जाता। हम जानते है कि प्रत्येक परमाणु की अपनी एक विशेष संरचना होती है तथा यह और भी मौलिक कणों का बना होता है। इनमे से सबसे अधिक महत्वपूर्ण ये तीन हैं :

i) इलेक्ट्रान
ii) प्रोट्रान और
iii) न्यूट्रान

## 12.2 इलेक्ट्रान

इलेक्ट्रान ऋण आवेशी कण होते हैं जो आकार मे अत्यत सूक्ष्म होते हैं। प्रत्येक इलेक्ट्रान का भार हाइड्रोजन के परमाणु के भार का 1/1845 होता है और इसमे एक इकाई ऋण आवेश (unit negative charge) रहता है। विसर्जन नलिका (discharge tube) का प्रयोग करने वाले परीक्षण द्वारा इलेक्ट्रानो के अस्तित्व को सिद्ध किया जा सकता है।

**प्रयोग 1**

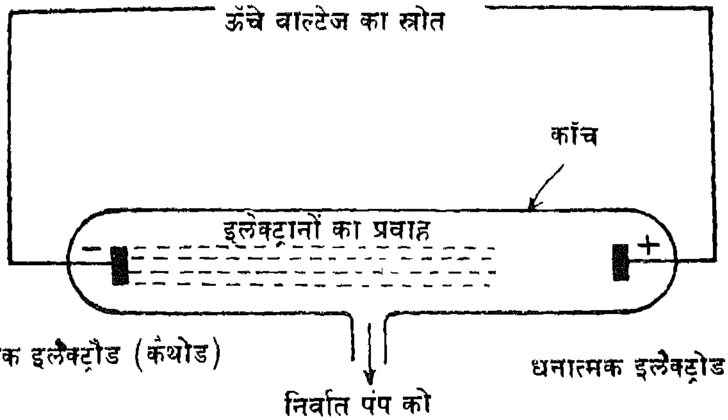
विसर्जन नलिका को जिसमें काँच की नली में धातु के दो इलेक्ट्रोड हों, चित्र–64 की तरह ऊँचे वोल्टेज के स्रोतों से जोड़िए।

नलिका को जितना सभव हो सके निर्वात कीजिए और इलेक्ट्रोडो के बीच में ऊँचे विभव की विद्युत धारा गुजारिए। आप देखेंगे कि ऋणी इलेक्ट्रोड (कैथोड) से नीले से रंग की प्रकाश की रेखाएँ निकलेगी और धन इलेक्ट्रोड (एनोड) की ओर जाएँगे। कैथोड की ओर से किरणे सीधी निकलती दिखाई देंगी। यह जाकर नली के सामने की दीवार से टकराएँगी और इससे दीप्ति निकलेगी।

कैथोड किरणों के निम्नलिखित गुणों की ओर ध्यान दीजिए।

(i) जैसा कि चित्र–64 मे दिखाया गया है कि यह सीधी रेखाओ मे आगे बढ़ती है।

(ii) यदि इसके मार्ग में कोई वस्तु रख दी जाए तो चित्र–65 की तरह नली के दूसरे सिरे पर उसकी स्पष्ट छाया पड़ेगी।

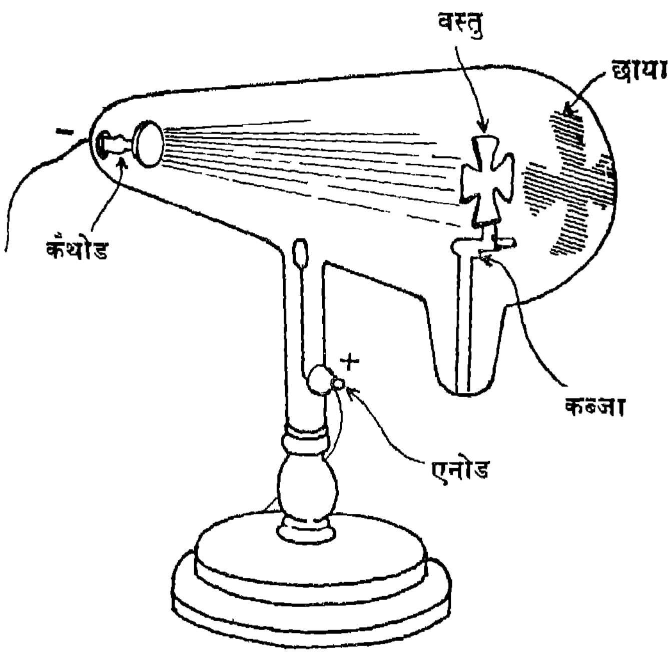



चित्र–64. *कैथोड किरण की विसर्जन नलिका*

(iii) इनके मार्ग में यदि बहुत हल्का क्षेपनी-चक्र या पैडल पहिया रख दिया जाए तो वह घूमने लगेगा।

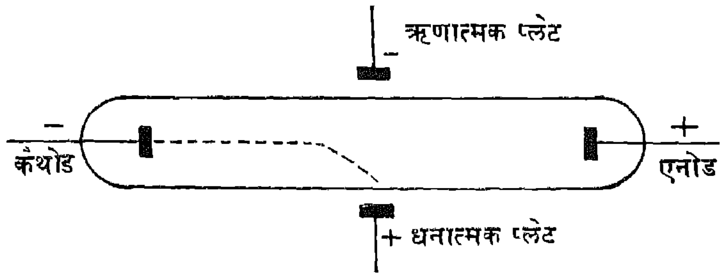
(iv) जब यह किरणें धातु के पन्नी के टुकड़े से टकराती है तो पन्नी गर्म हो जाती है।

(v) चुबकीय अथवा विद्युत क्षेत्रों से विक्षेपित




चित्र–65. *कैथोड किरणों से छाया बनती है।*

हो जाती है। विक्षेप की वही विशेषता होगी, जो ऐसे अर्थात्, चुबकीय अथवा विद्युत क्षेत्रो मे से ऋण आवेशी कणों के गुजरने पर होती है जैसा कि चित्र–66 में दिखाया गया है।




*चित्र–66. ऋणी प्लेट से इलेक्ट्रान प्रतिकर्षित है और धनी प्लेट से आकर्षित होते है।*

कैथोड किरणो के उपर्युक्त गुणों को इस प्रकार बहुत अच्छी तरह समझाया जा सकता है कि ये किरणें पदार्थ के छोटे-छोटे कणो की धाराओं से मिलकर बनती है जो ऋण आवेशी होती है। इन कणो को इलेक्ट्रान कहते है। जब कुछ धातुओ को गर्म किया जाता है तो शीघ्र ही इलेक्ट्रान उत्पन्न हो जाते है और इस सिद्धांत का इलेक्ट्रानिक युक्तियो में प्रयोग किया जाता है।

सब परमाणुओ का इलेक्ट्रान एक भाग होता है और उन्हें किसी भी परमाणु से पृथक किया जा सकता है।

## 12.3 प्रोटान

प्रोटानो में धनी आवेश होता है। प्रत्येक प्रोटान में इकाई द्रव्यमान या हाइड्रोजन के परमाणु के लगभग बराबर द्रव्यमान होता है। प्रोटान भी सभी परमाणुओ मे होते हैं। पहली बार प्रोटानो को सन् 1886 में गोल्डस्टीन ने विसर्जन नलिका मे देखा था जिसमे सछिद्र कैथोड था। प्रोटानों की किरणे कैथोड के छिद्रो मे से गुजरती देखी गईं।

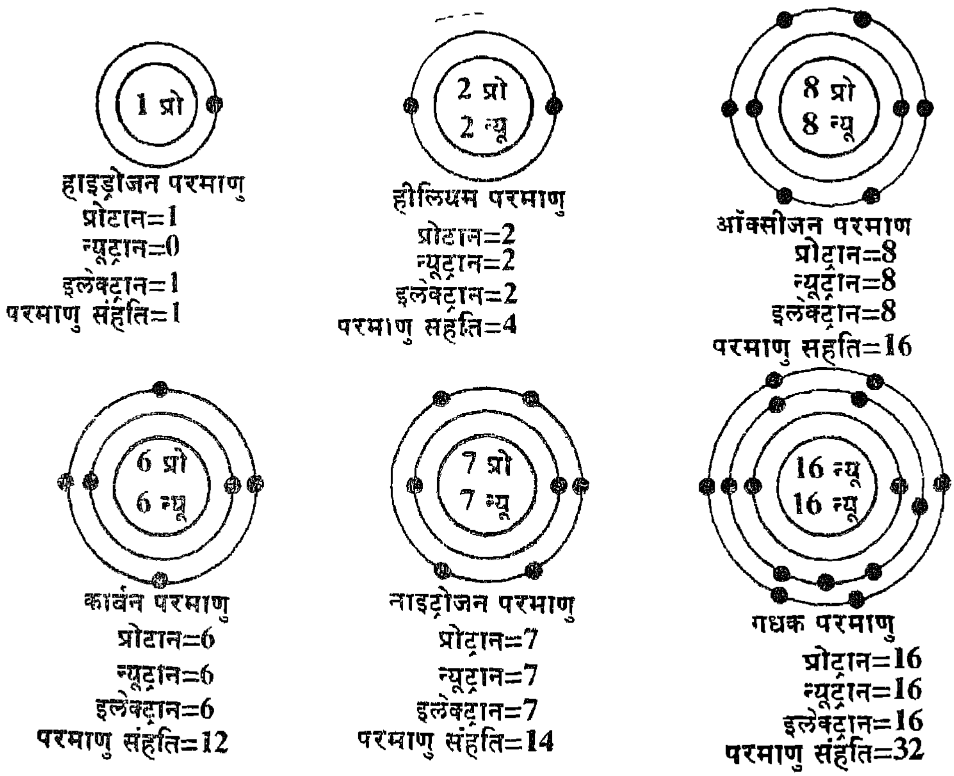
सन् 1919 में लार्ड रदरफोर्ड ने इस बात का पक्का प्रमाण प्रस्तुत किया कि परमाणुओं में प्रोटान होते है और जब नाइट्रोजन और ऐल्युमिनियम के परमाणुओ पर रेडियम से निकले हुए $\alpha$ कणों में बम्बारी की जाती है तो प्रोटान निकलते हैं।

## 12.4 न्यूट्रान

न्यूट्रान भी परमाणु संरचना की इकाइयाँ हैं। इनमें भी द्रव्यमान होता है किन्तु आवेश नहीं होता। इनकी खोज सन् 1932 में एक ब्रिटिश भौतिक विज्ञानी सर जेम्स चैडविक ने की थी।

यही तीन प्रकार के कण हैं जिनसे सभी ज्ञात परमाणु मिल कर बने होते है। इस प्रश्न पर इस शताब्दी के आरंभ मे बहुत विचार-विमर्श हुआ कि परमाणुओ में इन तीनो की क्या व्यवस्था होती है। रदरफोर्ड मे इनकी व्यवस्था का एक चित्र प्रस्तुत किया और इसे नीलूस-बोहर ने और परिवर्धित किया। *रदरफोर्ड–बोहर संरचना* को स्वीकार किया जा चुका है। इसके अनुसार प्रत्येक परमाणु में एक छोटा-सा केंद्रक होता है, जिसमें प्रोटान या न्यू-

ट्रान रहते है और यह धनी आवेशी होता है। प्रोटानों के कारण धनी आवेश होता है। केंद्रक के चारों ओर काफी स्थान रहता है। इस स्थान में केंद्रक के चारो ओर निश्चित कक्षाओ या कोष में इलेक्ट्रान रहते हैं। इन कक्षाओं के क्रम से K,L,M,N,O,P, नाम होते है। इन कक्षाओ में रहने वाले कुल इलेक्ट्रानों की संख्या केंद्रक में रहने वाले कुल प्रोटानों की सख्या के बराबर होती है। इसका परिणाम यह होता है कि परमाणु विद्युत-उदासीन रहता है और इसका द्रव्यमान केंद्रक मे केंद्रित रहता है। परमाणु द्रव्यमान =प्रोटानो की सख्या+इलेक्ट्रानो की संख्या। परमाणु का जो नैट धनी आवेश होता है उससे मूलतत्व के *परमाणु क्रमाक* का पता चलता है। परमाणु क्रमांक=प्रोटानो की सख्या=कक्षा में इलेक्ट्रानो की संख्या। परमाणु की बनावट के इन लक्षणो को चित्र-67 में दिखाए गए सरल उदाहरणो द्वारा व्यक्त किया जा सकता है।



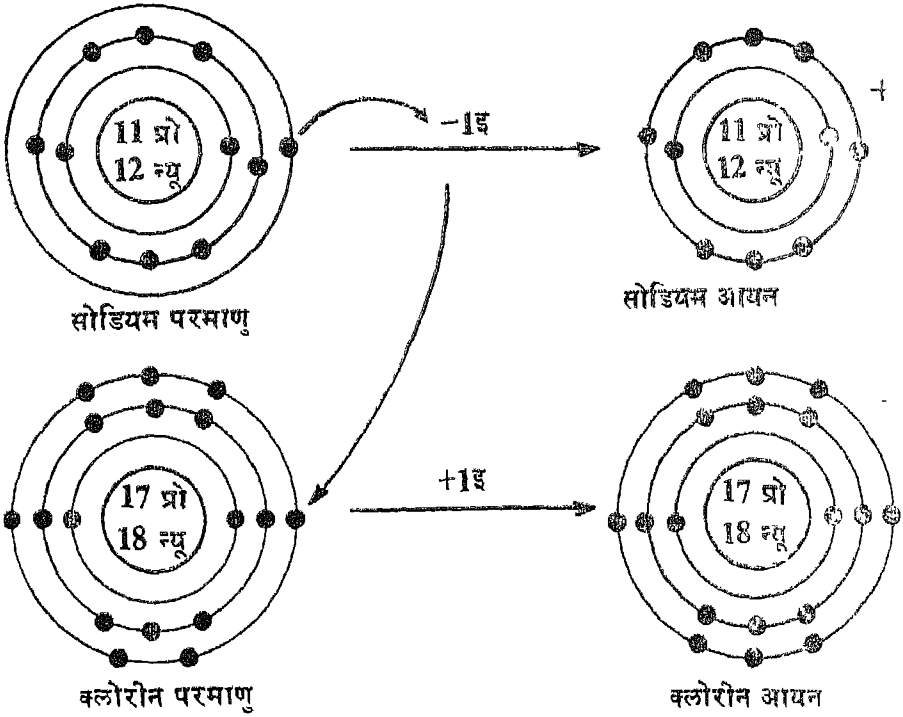

*चित्र–67 कुछ परमाणुओं की बनावट*

किसी भी मूलतत्व की कक्षा मे इलेक्ट्रोनो की एक अधिकतम सख्या रह सकती है। यह इस प्रकार $2n^2$ में प्रकट की जाती है। इसमें $n$ कक्षा की संख्या है।

इस प्रकार इलेक्ट्रानो की वह संख्या जो परमाणु की विभिन्न कक्षाओं में रह सकते हैं इस प्रकार है·

| कक्षा | $n$ का मूल्य | कक्षाओं में इलेक्ट्रानों की अधिकतम संख्या |
|---|---|---|
| K | 1 | $2\times1^2=2$ |
| L | 2 | $2\times2^2=8$ |
| M | 3 | $2\times3^2=18$ |
| N | 4 | $2\times4^2=32$ |

बड़े परमाणुओ में भीतरी कक्षा बाहरी कक्षा के बनने से पहले ही पूरी हो जाती है। सबसे बाहर वाली कक्षा मे 8 से अधिक इलेक्ट्रान नही हो सकते। और इससे भीतर वाली में 18 से अधिक इलेक्ट्रान नहीं हो सकते।




चित्र–68. इलेक्ट्रानों मे स्थानांतरण द्वारा रसायनिक संयोजन

## 12.5 संयोजकता का इलेक्ट्रानिक सिद्धांत

अधिकांश रसायनिक अभिक्रियाओं में परमाणु के केवल सबसे बाहर के कक्षा के इलेक्ट्रान ही भाग लेते हैं। इसी कारण इन्हें संयोजकता इलेक्ट्रान कहा जाता है। जिन परमाणुओं की सबसे बाहरी कक्षा में 8 इलेक्ट्रान होते हैं, वे पर्याप्त निष्क्रिय होते हैं। उदाहरण के लिए Ne, A, Kr, Xe। हीलियम सबसे छोटी होती है और इसकी सबसे बाहरी कक्षा में केवल दो ही इलेक्ट्रान होते हैं, फिर

भी यह स्थायी होती है।

रसायनिक अभिक्रियाओं मे सामान्य सिद्धात यह लागू होता है कि परमाणु की सबसे बाहरी कक्षा मे 8 इलेक्ट्रान पूरे करने की आवश्यकता होती है। हाइड्रोजन जैसे छोटे परमाणु के बारे मे 2 इलेक्ट्रानो से ही काम चल जाता है। इससे स्थायित्व उत्पन्न होता है और यह दो प्रकार से हो सकता है।

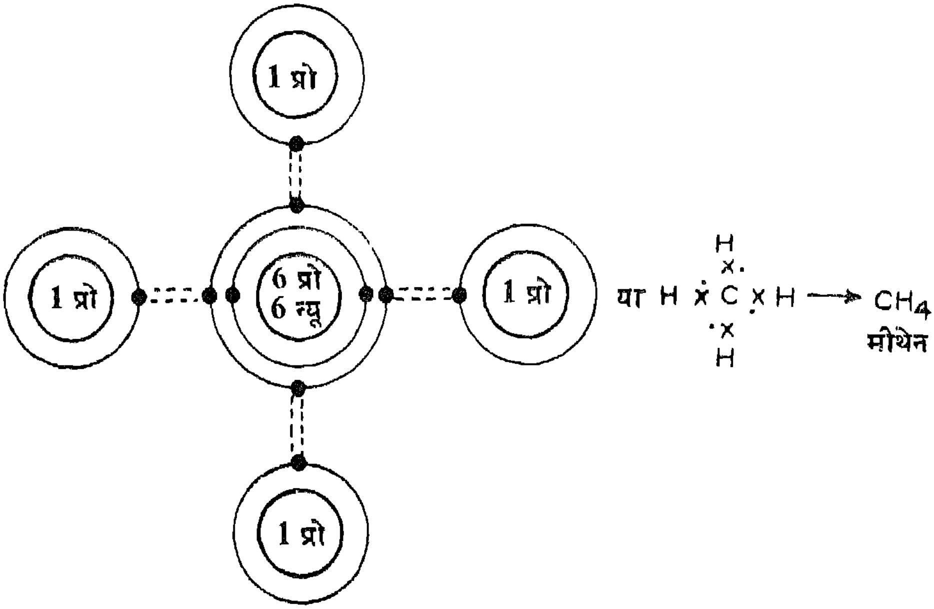
i) इलेक्ट्रानों के *स्थानांतरण* से। उदाहरण के लिए जैसा कि चित्र-68 में दिखाया गया है सोडियम क्लोराइड बनने मे सोडियम व क्लोरीन सयोजित होते है। सोडियम (Na) का एक परमाणु एक इलेक्ट्रान होता है और क्लोरीन (Cl) का परमाणु यह एक इलेक्ट्रान पा लेता है। इस प्रकार इलेक्ट्रान का स्थानातरण इस ढंग से होता है :

$$\left.\begin{array}{lcl} \text{Na} & \xrightarrow{-1e} & \text{Na}^{+} \\ \text{परमाणु} & & \\ \text{Cl} & \xrightarrow{+1e} & \text{Cl}^{-} \\ \text{परमाणु} & & \text{आयन} \end{array}\right] \rightarrow \begin{array}{c}\text{NaCl} \\ \text{(उदासीन} \\ \text{परमाणु)}\end{array}$$

इस प्रकार के संयोजन को *वैद्युत संयोजन* कहते है और संयोजकता को *वैद्युत संयोजकता* कहते है।

ii) इलेक्ट्रानों के *आदान-प्रदान* से। उदाहरण के लिए कार्बन व हाइड्रोजन से मिलकर एक यौगिक *मीथेन* बनता है।

एक कार्बन परमाणु के चार इलेक्ट्रानो और चार हाइड्रोजन परमाणुओ के चार इलेक्ट्रानो का आदान-प्रदान उस ढग से होता है जैसा कि चित्र-69 मे दिखाया गया है।




**चित्र–69.** इलेक्ट्रान के आदान-प्रदान द्वारा रसायनिक सयोजन

इस प्रकार का संयोजन *सह संयोजन* कहलाता है और संयोजकता को *सह संयोजकता* कहते हैं।

संयोजकता की आधुनिक संकल्पना उपर्युक्त रसायनिक संयोजन के सिद्धांत पर आधारित है। किसी भी मूलतत्व की संयोजकता की संख्या उन इलेक्ट्रानो की संख्या है जो उस तत्व का परमाणु खोता, पाता या आदान-प्रदान करता है। आगे के उदाहरण से इसे समझाया जा सकता है:

(i) *सोडियम और क्लोरीन का संयोजन।* सोडियम का परमाणु एक इलेक्ट्रान खोता है और क्लोरीन का परमाणु यही एक इलेक्ट्रान प्राप्त कर लेती है, इसलिए सोडियम की सयोजकता एक है और क्लोरीन की भी एक ही है।

(ii) *कार्बन और हाइड्रोजन का संयोजन।* कार्बन का परमाणु अपने चार इलेक्ट्रान देता है और हाइड्रोजन के परमाणु के चार इलेक्ट्रान लेता है। इस प्रकार कार्बन की संयोजकता चार हुई।

## संक्षेप

*इलेक्ट्रान* एक ऋणात्मक कण है, जिसका द्रव्यमान हाइड्रोजन परमाणु के 1/1845 के बराबर होता है। *प्रोटान* धनाविष्ट मौलिक कण होता है और इसका एकाक द्रव्यमान होता है।

*न्यूट्रान* विद्युत उदासीन कण होता है और इसका द्रव्यमान प्रोटान और इलेक्ट्रान के द्रव्यमानो के योग के बराबर होता है। इसका द्रव्यमान लगभग एकांक होता है।

किसी मूलतत्व का *परमाणु एकांक* उसके केंद्रक में उपस्थित न्यूट्रानो और प्रोटानो के जोड के बराबर होता है।

किसी मूलतत्व का *परमाणु क्रमाक* उतना ही होता है जितना केन्द्रक मे प्रोटानो की सख्या होती है अथवा केन्द्रक के बाहर इलेक्ट्रानो की संख्या होती है। यही केन्द्रक का नेट (net) धनावेश होता है।

*रदरफोर्ड के न्यूक्लीय सिद्धांत मे, जिसे बोहर ने परिवर्धित किया, कहा गया है :*

i) परमाणु में छोटा-सा संहत केन्द्रक होता है जिसमे प्रोट्रान और न्यूट्रॉन होते हैं और प्रोटानो के कारण इसमें धनावेश होता है।
ii) केन्द्रक के चारो ओर काफी अतराल रहता है।
iii) इस अंतराल में इलेक्ट्रान निश्चित कक्षाओ मे घूमते है।
iv) कक्षाओं में जो इलेक्ट्रान होते है, उनकी सख्या केन्द्रक मे प्रोटानो की संख्या के बराबर होती है। इस प्रकार एक परमाणु विद्युत उदासीन होता है।
v) इलेक्ट्रान केन्द्रक से अपेक्षाकृत काफी दूर रहते हैं।
vi) परमाणु का कम-से-कम 99.9 प्र० श० द्रव्यमान केन्द्रक मे रहता है। रसायनिक

अभिक्रियाएँ सबसे बाहरी कक्षा में इलेक्ट्रानों के स्थानांतरण या आदान-प्रदान के कारण होती हैं।

इलेक्ट्रानों के स्थानातरण से वैद्युत संयोजक बंधन उत्पन्न होता है। इलेक्ट्रानों के अदान-प्रदान से सह-संयोजक बंधन उत्पन्न होता है।

किसी मूलतत्व का संयोजकता क्रमांक इलेक्ट्रानो की वह संख्या है जितनी में इलेक्ट्रान खोए या पाए जाते हैं या जितनो का आदान-प्रदान होता है।

## दोहराने के लिए प्रश्न

1. परमाणु में उपस्थित महत्वपूर्ण मौलिक कणो के नाम बताइए।
2. इसका क्या अर्थ होता है :

   i) इलेक्ट्रान ii) प्रोटान iii) न्यूट्रान vi) परमाणु क्रमाक v) केन्द्रक
3. यह भी बताइए कि डाल्टन का परमाणु सिद्धांत क्यो परिवर्धित किया गया।
4. परमाणु की रदरफोर्ड-बोहर संकल्पना का वर्णन कीजिए। हाइड्रोजन, ऑक्सीजन, नाइट्रोजन, कार्बन, सल्फर और फॉस्फोरस के परमाणु के उदाहरण देकर इसे स्पष्ट कीजिए।
5. संयोजकता की आधुनिक संकल्पना क्या है? उदाहरण देकर समझाइए।
6. क्या परमाणु वैद्युत उदासीन होता है। यदि हाँ तो क्यो?
7. सयोजकता इलेक्ट्रान क्या होते है? रसायनिक अभिक्रियाएँ कैसी होती है? उदाहरण देकर अपने उत्तर को स्पष्ट कीजिए।
8. निम्नलिखित परमाणुओं मे इलेक्ट्रानों, प्रोटानो और न्यूट्रानों की संख्या बताइए :

   i) हाइड्रोजन, ii) हीलियम iii) ऑक्सीजन iv) गंधक (सल्फर)
9. इस कथन की पुष्टि कीजिए कि परमाणु का द्रव्यमान केन्द्रक में सांद्रित होता है।
10. परमाणु की संरचना द्रव्य के मौलिक कणो के ज्ञान पर आधारित होती है। उदाहरण देकर समझाइए।

## अध्याय 13

# मूलतत्वों का आवर्ती वर्गीकरण

## 13.1 मूलतत्वों का वर्गीकरण (मैंडलीव की आवर्ती तालिका)

आरंभ में ज्ञात मूलतत्वों की संख्या बहुत कम थी। इस कारण रसायन-शास्त्र का अध्ययन भी सरल था। किन्तु पिछली एक शताब्दी मे अधिकाधिक मूलतत्वों की खोज हुई और इस कारण उनके वर्गीकरण की आवश्यकता अनुभव की गई, अन्यथा रसायन का अध्ययन कठिन होता। इस विषय में कुछ आरंभिक प्रयत्न सफल नही रहे। सबसे महत्वपूर्ण वर्गीकरण एक रूसी रसायनज्ञ *मैंडलीव* ने किया और इसको *मैंडलीव की आवर्ती प्रणाली* या तालिका का नाम दिया गया। उसने तत्वो को उनके बढ़ते हुए परमाणु भारो के क्रम से तालिका में स्थान दिया, किन्तु इस क्रम से रसायनिक गुणो के आधार पर कुछ परिवर्तन भी किया। उसने देखा कि *समान गुणों की आवर्ती* रूप से पुनरावृत्ति होती है। अतः इस तालिका को आवर्ती वर्गीकरण की संज्ञा दी गई।

काफी समय तक मैंडलीव की आवर्ती तालिका उपयोगी बनी रही, किन्तु आगे चलकर नए-नए अनुसंधान होने से परिवर्तन की आवश्यकता पड़ी।

## 13.2 आवर्ती तालिका

सन् 1914 मे एक ब्रिटिश वैज्ञानिक मोसले ने परमाणु क्रमांकों का एक नया विचार सामने रखा। उसने कहा कि मूलतत्वों के रसायनिक गुणों के निर्धारण में परमाणु भारों की अपेक्षा परमाणु क्रमांक अधिक मौलिक है। इसलिए ज्ञात मूलतत्वो को बढ़ते हुए परमाणु भारो की अपेक्षा बढ़ते हुए परमाणु क्रमांको के अनुसार विन्यास किया गया है। नए खोजे गए मूलतत्व भी इस व्यवस्था में ठीक बैठ गए। इसीसे आधुनिक आवर्ती तालिका बनी जिसका आधार है नया आवर्ती नियम। *नया आवर्ती नियम है : 'जब तत्वों को बढ़ते हुए परमाणु क्रमांकों के अनुसार रखा गया तो यह पाया गया कि उनके गुणों की आवर्ती रूप से पुनरावृत्ति होती है।'* इस चार्ट में मूलतत्व ऐसे वर्गों में रखे गए हैं जिनके गुण समान हैं।

इस तालिका में प्रत्येक तत्व की स्थिति से उसका परमाणु क्रमांक प्रगट होता है। मोसले की एक्स-रे विधि से इस क्रमांक का स्वतंत्र रूप से भी निर्धारण किया जा सकता है। परमाणु क्रमांक धनी आवेशों के बराबर अथवा परमाणु के केंद्रक में प्रोटानों की संख्या के बराबर या केंद्रक के बाहर इलेक्ट्रानों की संख्या के बराबर होता है।

अभी तक के ज्ञात मूलतत्वों का आवर्ती वर्गीकरण पृष्ठ 126-127 पर दिया गया है। इसमें मूल-

तत्वो के सात आवर्त या श्रेणियाँ (क्षैतिज पंक्तियाँ) और नौ समूह (खड़े कालम) होते है।

वे तत्व जो प्ररूपी मूलतत्व है मुख्य समूहों में से है और वे जो कि सक्रमण मूलतत्व कहलाते है, उपसमूहो मे आते है। समूहो को शून्य से 8 तक की सख्या दी गई है और बहुतो के उपसमूह 'क' और 'ख' भी है।

इस तालिका की महत्वपूर्ण विशेषता यह है कि एक समूह के तत्वो की एक ही संयोजकता और एक से गुण होते है। इसके कुछ उदाहरण इस प्रकार है :

*i*) *ऐसे अक्रिय मूलतत्व जिनकी सबसे बाहरी कक्षा पूर्ण है और रसायनिक क्रिया नही करते।*

*ii*) वे *वैद्युत धनात्मक तत्व जिनके एक, दो या तीन सयोजकता इलैक्ट्रान होते है।* ये धातुएँ होती है। धनात्मक आयन बनाने के लिए ये इलेक्ट्रान खोते है।

*iii*) वे *वैद्युत ऋणात्मक तत्व जिनके छः या सात सयोजकता इलेक्ट्रान होते है।* ये अधातुएँ होती है, जैसे ऑक्सीजन, गधक (सल्फर) और हैलोजन। ऋणात्मक आयन बनाने के लिए ये इलेक्ट्रान ग्रहण करते है। समूह 'क' मे जो मूलतत्व हैं वे कुछ सीमा तक उसी क्रमांक के 'ख' समूह के संगत तत्वो से मिलते-जुलते होते है।

## 13.3 श्रेणियों और समूहों में स्थित मूलतत्वों के गुण

श्रेणियो मे जो मूलतत्व स्थित है, उनके गुणो में काफी अतर होता है। एक श्रेणी मे जो मूलतत्व है उनका परमाणु क्रमाक जैसे-जैसे बढता जाता है, वैसे-वैसे उनके धात्विक अभिलक्षण घटते जाते है। उदाहरण के लिए सोडियम और मैग्नीशियम धातुएँ है जबकि गधक और क्लोरीन अधातुएँ है। प्रत्येक श्रेणी पूरी तरह पूर्ववर्ती श्रेणी से मिलती-जुलती होती है। एक समूह में जो मूलतत्व आते है उनके गुण आपस मे मिलते-जुलते होते है किन्तु वे अन्य समूहो के मूलतत्वो के गुणो से भिन्न होते है। उदाहरण के लिए समूह 1 में जो तत्व है उनके गुण समूह 7 के तत्वो के गुणों से भिन्न होते है। समूह 1 में जो तत्व है उनके धातुओं के प्ररूपी गुण होते हैं और समूह 7 के तत्वों मे अधातुओ के गुण होते है। एक ही समूह या परिवार के मूलतत्वो के रसायनिक और भौतिक गुण बहुत कुछ समान होते है। किन्तु जैसे-जैसे परमाणु क्रमाक बढ़ता जाता है धीरे-धीरे और नियमित रूप से उनके गुणो में परिवर्तन होता जाता है। गुणो की यह समानता इस कारण होती है कि एक ही समूह के मूलतत्वों की सबसे बाहरी कक्षा अथवा संयोजकता कक्षा में इलेक्ट्रान की व्यवस्था एक जैसी होती है। इस बारे में इस पुस्तक के अगले भागो में अधिक विस्तार से विचार किया जाएगा।

## संक्षेप

मेंडलीव ने बढ़ते हुए परमाणु-भार के क्रम से मूलतत्वों का वर्गीकरण किया।
आधुनिक आवर्ती तालिका परमाणु क्रमाकों के आधार पर बनाई गई है।

आवर्ती नियम यह बताता है कि मूलतत्वों के गुण उनके परमाणु क्रमांको के आवर्ती कर्म है। मूलतत्व बढ़ते हुए परमाणु क्रमांकों के अनुसार व्यवस्थित है। वे समूहों और श्रेणियों में रखे गए है। खड़े स्तंभो (कालमों) से समूह बनते हैं और क्षैतिज पक्तियो से *श्रेणियाँ* बनती है।

समूह नौ और श्रेणियाँ सात है।

एक समूह के तत्वों की संयोजकता एक होती है और न्यूनाधिक रूप में उनके गुण भी एक से होते है।

एक श्रेणी के तत्वों की परमाणु संरचना भिन्न-भिन्न होती है और उनके गुण भी काफी भिन्न होते हैं।

## दोहराने के लिए प्रश्न

1. मूलतत्वों के वर्गीकरण की तालिका की आवश्यकता क्यों पड़ी ?
2. मैंडलीव की आवर्ती तालिका का आधार क्या था ?
3. यह बताइए कि मैंडलीव प्रणाली में परिवर्धन की आवश्यकता क्यों पड़ी ?
4. आधुनिक आवर्ती नियम क्या है ? पुराने नियम से इसमें क्या भिन्नता है ?
5. वर्गीकरण की प्रणालियों को मूलतत्वों का मैंडलीव आवर्ती वर्गीकरण क्यों कहा गया है ?
6. परमाणु क्रमांक का क्या अर्थ है। उदाहरण देकर अपने उत्तर को स्पष्ट कीजिए।
7. मूलतत्वो का समूह क्या होता है ? मूलतत्वो की श्रेणी किसे कहते है ? आवर्ती तालिका में कितने समूह है।
8. एक समूह के तत्वों के गुण समान होते है किन्तु एक श्रेणी के तत्वों के गुण असमान होते है, ऐसा क्यो ?
9. इसका क्या अर्थ है कि एक समूह का जो क्रमांक होता है वही उस समूह के मूलतत्वो की संयोजकता होती है ?
10. संक्षेप में बताइए कि आवर्ती प्रणाली में मूलतत्वों के धात्विक अभिलक्षणों मे कैसे परिवर्तन होता है। उन तत्वो के नाम बताइए जो सबसे अधिक और सबसे कम अभिक्रियाशील होते हैं।

## आवर्त्ती

| आवर्त | वर्ग Iक | वर्ग IIक | वर्ग IIIक | वर्ग IVक | वर्ग Vक | वर्ग VIक | वर्ग VIIक | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1<br>हाइड्रोजन<br>(H)<br>1.008 | | | | | | | |
| 2 | 3<br>लिथियम<br>(Li)<br>6.94 | 4<br>बैरिलियम<br>(Be)<br>9.01 | | | | | | |
| 3 | 11<br>सोडियम<br>(Na)<br>23.00 | 12<br>मैग्नीशियम<br>(Mg)<br>24.3 | | | | | | |
| 4 | 19<br>पोटासियम<br>(K)<br>39.1 | 20<br>कैल्सियम<br>(Ca)<br>40.1 | 21<br>स्केण्डियम<br>(Sc)<br>45.0 | 22<br>टिटानियम<br>(Ti)<br>47.9 | 23<br>वेनेडियम<br>(V)<br>50.9 | 24<br>क्रोमियम<br>(Cr)<br>52.0 | 25<br>मैंगेनीज<br>(Mn)<br>54.9 | 26<br>लोहा<br>(Fe)<br>55.8 |
| 5 | 37<br>रूबीडियम<br>(Rb)<br>85.5 | 38<br>स्ट्रान्शियम<br>(Sr)<br>87.6 | 39<br>इट्रियम<br>(Y)<br>88.9 | 40<br>जरकोनियम<br>(Zr)<br>91.2 | 41<br>नायोबियम<br>(Nb)<br>92.9 | 42<br>मोलिब्डियम<br>(Mo)<br>95.9 | 43<br>टेक्नेटियम<br>(Tc)<br>99.00 | 44<br>रूथीनियम<br>(Ru)<br>101.1 |
| 6 | 55<br>सीसियम<br>(Cs)<br>132.9 | 56<br>बेरियम<br>(Ba)<br>137.3 | 57*<br>लेन्थेनम<br>(La)<br>138.9 | 72<br>हैफनियम<br>(Hf)<br>178.5 | 73<br>टैंटेलम<br>(Ta)<br>180.9 | 74<br>टंग्स्टन<br>(W)<br>183.9 | 75<br>रीनियम<br>(Re)<br>186.2 | 76<br>ऑस्मियम<br>(Os)<br>190.2 |
| 7 | 87<br>फ्रैन्सियम<br>(Fr)<br>223 | 88<br>रेडियम<br>(Ra)<br>226 | 89**<br>ऐक्टिनियम<br>(Ac)<br>227 | | | | | |
| | *लैन्थेनाइड श्रेणी | 58<br>सीरियम<br>(Ce)<br>140.1 | 59<br>प्रेजिओडिमियम<br>(Pr)<br>140.9 | 60<br>निओडिमियम<br>(Nd)<br>144.2 | | 61<br>प्रोमेथियम<br>(Pm)<br>(147) | 62<br>समेरियम<br>(Sm)<br>150.4 | 63<br>यूरोपियम<br>(Eu)<br>152.0 |
| | **ऐक्टीनाइड श्रेणी | 90<br>थोरियम<br>(Th)<br>232.0 | 91<br>प्रोटेक्टेनियम<br>(Pa)<br>(231) | 92<br>यूरेनियम<br>(U)<br>238.0 | | 93<br>नेपट्यूनियम<br>(Np)<br>(237) | 94<br>प्लूटोनियम<br>(Pu)<br>(242) | 95<br>ऐमेरीशियम<br>(Am)<br>(243) |

टिप्पणी : ब्रेकेट में दिए गए अंक समास्थानिक (Isotope) के परमाणु भार को दर्शाते है ।

## तालिका

| वर्ग VIII | | वर्ग Iख | वर्ग IIख | वर्ग IIIख | वर्ग IVख | वर्ग Vख | वर्ग VIख | वर्ग VIIख | वर्ग 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 2<br>हीलियम<br>**(He)**<br>4.00 |
| | | | | 5<br>बोरॉन<br>**(B)**<br>10.8 | 6<br>कार्बन<br>**(C)**<br>12.01 | 7<br>नाइट्रोजन<br>**(N)**<br>14.01 | 8<br>आक्सीजन<br>**(O)**<br>16.00 | 9<br>फ्लूरिन<br>**(F)**<br>19.0 | 10<br>निऑन<br>**(Ne)**<br>20.2 |
| | | | | 13<br>एल्युमिनियम<br>**(Al)**<br>27.0 | 14<br>सिलिकॉन<br>**(Si)**<br>28.1 | 15<br>फॉस्फोरस<br>**(P)**<br>31.0 | 16<br>गन्धक<br>**(S)**<br>32.1 | 17<br>क्लोरीन<br>**(Cl)**<br>35.5 | 18<br>आर्गन<br>**(Ar)**<br>39.9 |
| 27<br>कोबाल्ट<br>**(Co)**<br>58.9 | 28<br>निकल<br>**(Ni)**<br>58.9 | 29<br>ताँबा<br>**(Cu)**<br>63.5 | 30<br>जस्त<br>**(Zn)**<br>65.4 | 31<br>गैलियम<br>**(Ga)**<br>69.7 | 32<br>जर्मेनियम<br>**(Ge)**<br>72.6 | 33<br>आर्सेनिक<br>**(As)**<br>74.9 | 34<br>सिलीनियम<br>**(Se)**<br>79.0 | 35<br>ब्रोमाइन<br>**(Br)**<br>79.9 | 36<br>क्रिपटन<br>**(Kr)**<br>83.8 |
| 45<br>राडियम<br>**(Rh)**<br>102.9 | 46<br>पैलेडियम<br>**(Pd)**<br>1.064 | 47<br>चांदी<br>**(Ag)**<br>107.9 | 48<br>कैडमियम<br>**(Cd)**<br>112.4 | 49<br>इंडियम<br>**(In)**<br>114.8 | 50<br>टीन<br>**(Sn)**<br>118.7 | 51<br>एंटीमोनी<br>**(Sb)**<br>121.8 | 52<br>टेल्यूरियम<br>**(Te)**<br>127.6 | 53<br>आयोडिन<br>**(I)**<br>126.9 | 54<br>जेनान<br>**(Xe)**<br>131.3 |
| 77<br>इरिडियम<br>**(Ir)**<br>192.2 | 78<br>प्लेटिनम<br>**(Pt)**<br>195.1 | 79<br>सोना<br>**(Au)**<br>197.0 | 80<br>पारा<br>**(Hg)**<br>200.6 | 81<br>थैलियम<br>**(Tl)**<br>204.4 | 82<br>सीसा<br>**(Pb)**<br>207.2 | 83<br>बिस्मथ<br>**(Bi)**<br>209.0 | 84<br>पोलोनियम<br>**(Po)**<br>(209) | 85<br>ऐस्टेटाइन<br>**(At)**<br>(210) | 86<br>रेडॉन<br>**(Rr)**<br>(222) |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 64<br>गैडोलीनियम<br>**(Gd)**<br>157.3 | 65<br>टर्बियम<br>**(Tb)**<br>158.9 | 66<br>डिस्प्रोसियम<br>**(Dy)**<br>162.5 | 67<br>होलमियम<br>**(Ho)**<br>164.9 | 68<br>एरबियम<br>**(Er)**<br>167.3 | 69<br>थूलियम<br>**(Tm)**<br>168.9 | 70<br>इटर्बियम<br>**(Yb)**<br>173.0 | 71<br>ल्यूटिशियम<br>**(Lu)**<br>175.0 |
| 96<br>क्यूरियम<br>**(Cm)**<br>(247) | 97<br>बर्केलियम<br>**(Bk)**<br>(245) | 98<br>केलिफोर्नियम<br>**(Cf)**<br>(251) | 99<br>आइन्सटाइनियम<br>**(Es)**<br>(254) | 100<br>फर्मियम<br>**(Fm)**<br>(253) | 101<br>मेंडेलेवियम<br>**(Md)**<br>(256) | 102<br>नोबेलियम<br>**(No)**<br>(254) | 103<br>लारेंसियम<br>**(Lw)**<br>(257) |

## परिशेषिका

# कुछ महत्वपूर्ण वस्तुनिष्ठ प्रश्न

1. निम्नलिखित कथनों के अलग-अलग कारण बताते हुए समीक्षा कीजिए :

   i) वायु ऑक्सीजन और नाइट्रोजन का यौगिक है।

   ii) कार्बन डाइऑक्साइड यौगिक नहीं बल्कि कार्बन और ऑक्सीजन का मिश्रण है।

   iii) ऑक्सीजन जीवन की सहायक है।

   iv) श्वास के साथ भीतर जाने वाली वायु मे बाहर निकलने वाली वायु की अपेक्षा अधिक ऑक्सीजन होती है।

   v) श्वास के साथ बाहर निकलने वाली वायु में भीतर जाने वाली वायु की अपेक्षा अधिक कार्बन डाइऑक्साइड होती है।

2. कारण देते हुए समझाएँ, ऐसा क्यों होता है :

   i) नदी के पानी मे साबुन के घोल में झाग काफी उठते हैं।

   ii) समुद्र के पानी मे साबुन के घोल से झाग उठने के बजाए गाढ़ा अवक्षेप बनता है।

   iii) जब पानी का वैद्युत अपघटन होता है तो इससे ऑक्सीजन और हाइड्रोजन निकलती है जो आयतन के अनुसार 1 : 2 के अनुपात मे होती है और भार के अनुसार 8 : 1 के अनुपात मे।

   iv) पानी एक यौगिक है, और ऑक्सीजन और हाइड्रोजन मूलतत्व।

   v) जब गर्म लोहे की रेतनो पर से भाप गुजारी जाती है तो हाइड्रोजन निकलती है।

3. यह बताइए कि नीचे लिखे कथनो मे से कौन-से सही हैं। जो गलत हैं उन्हे ठीक कीजिए। प्रत्येक के बारे में कारण बताइए :

   i) हीरा (डायमड), ग्रेफाइट और कोयला (चारकोल) एक ही मूलतत्व के भिन्न-भिन्न प्रकार हैं।

ii) जीवन के लिए कार्बन डाइग्राक्साइड गैस ग्रनिवार्य है। कार्बन ऊर्जा का स्रोत है।

iii) कार्बन डाइग्राक्साइड ज्वलनशील गैस है ग्रौर कार्बन मोनोग्राक्साइड प्रज्वलन मे सहायक होती है।

4. नीचे लिखे कथनो को ठीक कीजिए ग्रौर प्रत्येक के बारे में कारण दीजिए :

i) गधक (सल्फर) पानी में घुल जाती है।

ii) सल्फर डाइग्राक्साइड पानी मे घुल जाती है, जिससे क्षारीय घोल बनता है।

iii) जब सल्फर डाइग्राक्साइड को बिना बुझे चूने पर से गुजारा जाता है तो यह सूख जाती है।

iv) जब सल्फर (गंधक) को वायु में जलाया जाता है तो हाइड्रोजन सल्फाइड बन जाता है।

5 बताइए कि नीचे लिखे कथनो में कौन-से सही हैं। जो गलत है उन्हें ठीक कीजिए। प्रत्येक के बारे मे कारण दीजिए :

i) फॉस्फोरस धातु है।

i) फॉस्फोरस प्रकृति के शुद्ध रूप मे मिलती है।

iii) लाल फॉस्फोरस सफेद फॉस्फोरस से ग्रधिक विषैली होती है।

iv) जब फॉस्फोरस को वायु मे जलाया जाता है तो इससे जो उत्पाद बनता है, वह पानी में घुल जाता है ग्रौर उससे ग्रम्लीय घोल बनता है।

v) स्फुरदीप्ति (फॉस्फोरेसेंस) फॉस्फोरस के मद ग्रॉक्सीकरण की प्रक्रिया है।

6. निम्नलिखित कथनो को ठीक कीजिए :

i) सभी धातुएँ ठोस मूलतत्व है।

ii) ऐल्युमिनियम धातु प्रकृति में शुद्ध रूप में मिलती है।

iii) सभी धातुएँ ग्रम्लो ग्रौर क्षारो मे घुल जाती है।

iv) लोहे के लवण के घोल मे से ताँबा लोहे को विस्थापित कर देता है ग्रौर जस्त चाँदी को विस्थापित कर देता है।

v) सोना हाइड्रोक्लोरिक एसिड ग्रौर नाइट्रिक एसिड में घुल जाता है।

7. नीचे लिखे कथनो को पूरा कीजिए :

i) ग्रम्ल क्षारक से ग्रभिक्रिया करके—ग्रौर—बनाता है।

ii) ग्रम्ल—लिटमस को—बना देता है ग्रौर क्षारक घोल—लिटमस को—कर देता है।

iii) नमक—ग्रौर—से बनता है।

iv) जब नाइटर को सान्द्रित सल्फ्यूरिक एसिड के साथ गर्म किया जाता है तो—ग्रौर—बनते हैं।

v) जब नमक के घोल को सिल्वर नाइट्रेट में मिलाया जाता है तो इससे—बनता है ग्रौर

ठोस नमक जब सांद्रित सल्फ्यूरिक एसिड मे मिलाया जाता है तो—बनता है।

vi) जब कॉपर सल्फेट के क्रिस्टल गर्म किए जाते है तो—और—निकलते है। जब संलीन कैल्सियम क्लोराइड नम वायु को प्रभाव्य किया जाता है तो यह—को सोख लेता है और—हो जाता है। ग्लाबर साल्ट जब वायु को प्रभाव्य होता है तो इससे—निकलता है और यह—हो जाता है।

vii) जब जिप्सम को 120° सें० तक गर्म किया जाता है तो—बनता है और यह उत्पाद पानी के साथ मिलकर—होगा।

8. निम्नलिखित कथनों को पूरा कीजिए :

i) नैफ्थलीन—है और—के काम आता है।

ii) कार्बनिक यौगिको में—अनिवार्य अवयव होता है।

iii) सक्रोज—है और जब इसे सांद्रित सल्फ्यूरिक एसिड के साथ गर्म किया जाता है तो —बनता है।

9. नीचे लिखे कथनों को पूर्ण कीजिए :

i) द्रव्य के सबसे छोटे कण को—कहते है और एक दो या अधिक परमाणुओं के समूह को—कहते हैं।

ii) एक ही मूलतत्व के परमाणु—होते हैं और भिन्न-भिन्न तत्वों के—होते हैं।

iii) 2·4 ग्राम मैग्नीशियम 1·6 ग्राम ऑक्सीजन से मिलकर—ग्राम मैग्नीशियम ऑक्साइड बनाता है।

iv) रसायनिक सूत्र में मूलतत्वो के—रहते हैं।

v) जल—और—से मिलकर बनता है जो आयतन के अनुसार—अनुपात में और भार के अनुसार—अनुपात में होती हैं।

vi) सल्फ्यूरिक एसिड का अणु सूत्र—है और चूने के पत्थर (लाइम स्टोन) का—है।

10. नीचे लिखे कथनों को पूरा कीजिए :

i) जब चूने के पत्थर को गर्म किया जाता है तो—और—बनते है।

ii) जब पोटासियम क्लोरेट को गर्म किया जाता है तो—और—निकलते हैं।

iii) जब रेड लेड को गर्म किया जाता है तो—और—बनते है।

iv) जब सिल्वर नाइट्रेट को नमक के साथ मिलाया जाता है तो—और—बनते है।

v) जब अमोनियम क्लोराइड को गर्म किया जाता है तो यह—है।

vi) जब सलीन गंधक (सल्फर) और लोहे की रेतनो को मिलाया जाता है तो—बनता है।

11. इन कथनो को ठीक कीजिए :

i) परमाणु भार × सयोजकता = तुल्य भार ।

ii) 12 ग्राम मैग्नीशियम और 16 ग्राम ऑक्सीजन के सयोजन से 28 ग्राम मैग्नीशियम ऑक्साइड बनता है।

iii) सल्फ्यूरिक एसिड का अणु भार 100 होता है।

iv) मैग्नीशियम का तुल्य भार = $\frac{\text{मैग्नीशियम का भार}}{\text{सयुक्त ऑक्सीजन का भार}} \times 16$

v) मैग्नीशियम की संयोजकता 3 होती है।

vi) जब 12 ग्राम मैग्नीशियम की अधिक $H_2SO_2$ से अभिक्रिया की जाती है तो 2 ग्राम हाइड्रोजन बनती है।

12. बताइए कि निम्नलिखित मे से कौन से वक्तव्य ठीक है और जो गलत है उन्हें ठीक कीजिए :

i) ऑक्सीजन परमाणु का परमाणु क्रमांक 8 है और इसमे 8 न्यूट्रान होते है। ऑक्सीजन का परमाणु द्रव्यमान 8 है।

ii) ऑक्सीजन की संयोजकता 4 है और गंधक की 2 है।

iii) सोडियम का परमाणु द्रव्यमान 23 है, इसका परमाणु क्रमाक 11 और इसकी सयोजकता 1 है।

iv) कार्बन का परमाणु क्रमाक 6 और इसकी सयोजकता 4 है।

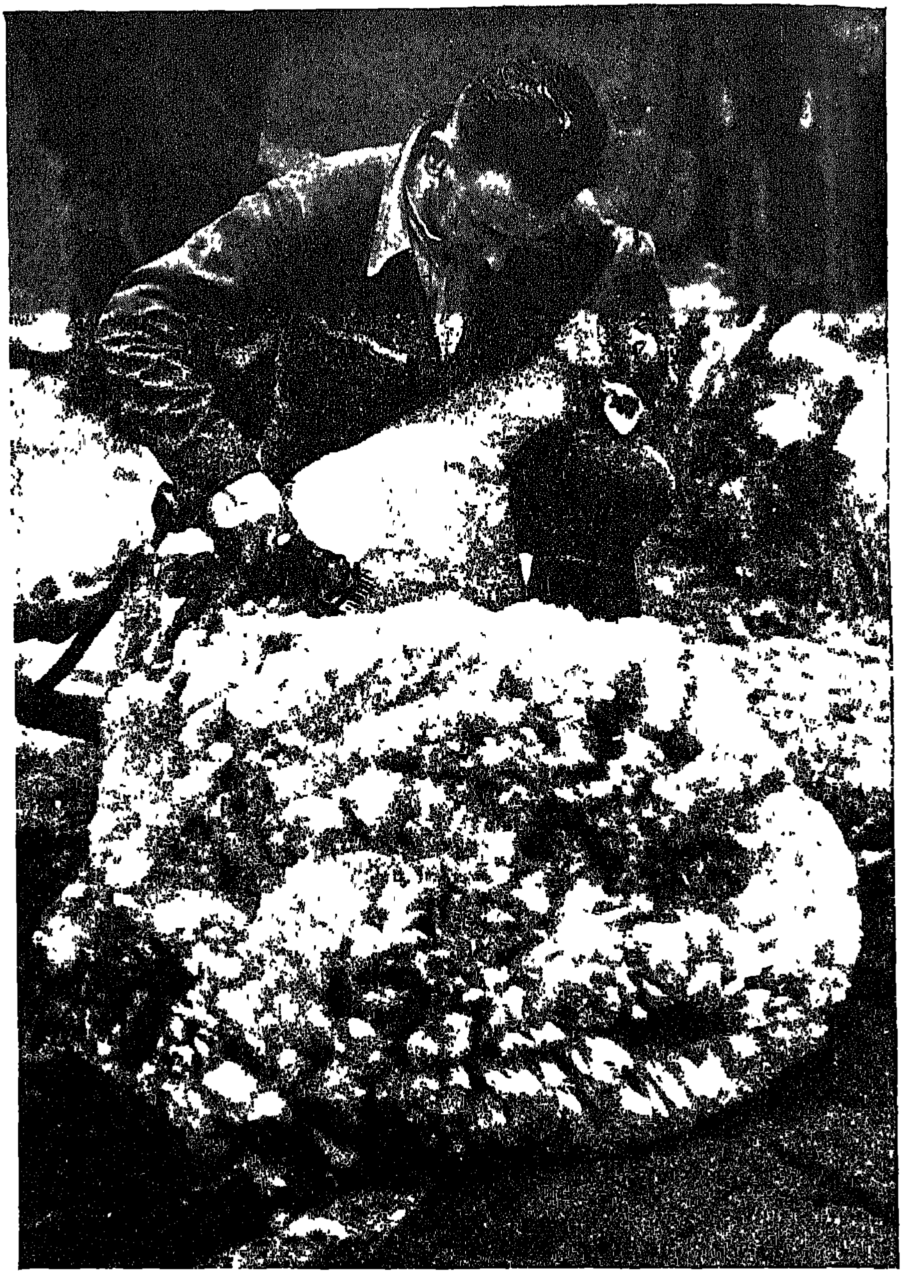
v) कैल्सियम का परमाणु क्रमांक 20 है और सयोजकता 2 है।

13. इन कथनो को ठीक कीजिए :

i) सोडियम की सयोजकता एक है और आवर्ती तालिका मे इसका स्थान सातवें समूह में है।

ii) क्लोरीन की संयोजकता एक है और आवर्ती तालिका के पहले समूह में इसका स्थान है।

iii) ऐल्युमिनियम की सयोजकता 3 है और आवर्ती तालिका के तीसरे समूह में इसका स्थान है।



FIRST STAGE

*Wool from millions of sheep goes each year to make the woollen fabrics woven in British mills Most of it is imported from Australia and elsewhere, but above is shown a British shearer using a portable shearing machine with almost incredible rapidity to remove a sheep's heavy fleece*

# WOOL FROM FLEECE TO FABRIC

By A. N SHIMMIN AND A JOHNSON (UNIVERSITY OF LEEDS)

*How raw wool is sheared and baled. Choosing and valuing the fleeces. Distribution and size of the woollen industry in Great Britain Opening and carding operations. Miracle of the spinning mule. How mill operatives perform their different tasks Dyeing, finishing and marketing the cloth. Sorting for worsted and how it is made.*

SEEN on a sheep's back, wool in its natural condition scarcely suggests its latent possibilities That is, to Mr Smith, the layman; to Mr Smith, the expert, it looks very different He sees beyond the greasy, tangled mass to a wide range of useful and attractive fabrics He knows, too, that in quality there is every degree of fineness from the coarse wools that go to make carpets to the superfine types from which the daintiest of fabrics can be woven This large selection of types is not solely produced by the sheep of Great Britain By far the greater part of the material used in the wool textile industry is imported. From the extensive Australian sheep stations, carrying well over one hundred million sheep, we get large supplies of high-grade wool of the kind which occurs in the fleece of the merino sheep From New Zealand and South America (Argentina and Uruguay) we get mainly the coarser wool of the "crossbred" sheep From South Africa finer wool is obtained, some of it vying in quality with the good Australian types

Although very substantial amounts of wool come from these four primary markets there is not sufficient to permit of making every wool fabric from new wool It has been said that if everything had to be made of new raw material none of us could enjoy a new suit more frequently than once in five years This may be merely a pleasing story, but it calls attention to the importance of re-worked materials in wool textile manufacture. From "hard" rags, like tailors' clippings, "mungo" is made, from "soft" rags, like old stockings, "shoddy" is made by the tearing or grinding action of an array of teeth on the swiftly running cylinder of a rag-grinding machine The origin of the terms shoddy and mungo is obscure Unfortunately they suggest an inferiority in the final product When re-worked with a proportion of new wool, or with cotton, these "pulled" rags can put cheaper but reliable cloths within the reach of millions of purchasers

### *Centres of the industry*

In the west of England and south of Scotland there are old-established centres of manufacture, and cloths of high repute are still made there It is in the West Riding of Yorkshire, however, that the main concentration of wool manufacture is found Within a radius of twenty miles from Bradford are eighty per cent. of the workers employed in the industry. Doubtless this marked localization is due to an early use of hill pasturage for sheep, the coal mines of the area for power, and the availability of water power whence the traditional woollen mill derived. Also, in Yorkshire and Lancashire the population is as closely grouped as in any area of

Great Britain, providing a valuable local market for the textile industry

Specialization in the site of manufacture is matched by specialization in products Most people speak of cloth made from wool as "woollen" cloth, but the sensitive ear of the man in the industry demands a careful distinction between "woollen" and "worsted" cloths Serges, tweeds, flannels, and blankets are typical "woollen" cloths Worsted goods—the term "worsted" originated from the Norfolk town of that name—are the fine-textured, smooth-surfaced fabrics we know as ladies' dress goods and men's wear Woollen mills are found chiefly in Huddersfield, Leeds, Dewsbury, Batley and Morley districts Women's dress goods come from Bradford and Halifax, and the finer qualities of cloth for men's wear from Huddersfield The West of England trade is chiefly in high-grade worsteds, and the Scottish is based on tweeds Blankets are made in the Dewsbury area, and carpets in the Halifax district

This list is not exhaustive and obviously omits an important use of wool in the making of hosiery products in the Midlands It serves, however, to indicate the grouping of wool textile effort—a grouping that contains an extremely interesting range of business endeavour "Big business" so readily claims public attention that we are apt to think of all industries as collections of large and powerful firms with a few smaller ones filling in the gaps In wool textile manufacture are some large unit businesses and combines, but most frequent are firms of quite modest dimensions

Originally the industry was of the "domestic" pattern, run in the homes of the people with hand labour as the driving force When power-driven machinery took the industry from homes to factories, the family type of business persisted and many firms have preserved the family control for generations, resisting the temptation to be floated as part of large joint-stock enterprises By the use of the "room-and-power" system in the mills a man may begin, and maintain, a small business on quite a limited amount of capital. From a room-and-power company, which owns a building and supplies power from the engine-house, he can rent space or "room" and the power to drive his small group of machines—usually in a partitioned section of the mill If, then, he takes work on a commission basis, the money he needs for operating his concern is still further limited Many firms have begun in this way, and even when they have migrated to mills of their own, the strongly individualistic character of the enterprise has persisted

### *Individual judgment needed*

Medium scale business has been reinforced by economic doctrine It has been jested that the West Riding is the real home of the "Manchester School" of private enterprise and free competition. Certainly, there has been every encouragement for the small trader and industrialist to "make a go of it", and this throng of separate firms is unconvinced that big, rationalized businesses can produce wool goods more economically than the small man We should remember, also, that the very nature of the raw material imposes upon its users the repeated use of individual judgment From a fleece full of grease and sandy dirt there must be won the clean-scoured wool that goes to make yarns and fabrics Estimating the "clean-scoured yield" of a mass of greasy wool is done by individual examination. No man cares to trust another's estimate; he likes to see for himself, because the accuracy of the assessment determines the price he can afford to pay for the wool. It is not surprising, therefore, that the reliance upon personal judgment in valuing raw wool should run through spinning and manufacturing efforts as well.



VALUING RAW WOOL

FIG 1 *London is the greatest centre of the wool industry in normal times, many thousand bales of wool being imported during each year. Above is seen the valuing of wool at an auction conducted at one of the wool floors of the London Dock, where such sales are regularly attended by buyers.*

From this brief review of the structure and distribution of the industry in Great Britain we turn to the more technical aspects of wool textile production

### *From sheep to mill*

The fleeces shorn from the sheep itself during the wool season (during June and July) are packed in their greasy condition by power-presses into bales weighing about three cwt each These are shipped to London where the Port Authority can store thousands of them, to be cut open and, if not previously done, inspected

On arrival at the mill the wool may be converted into woollen or worsted yarn and cloth, according to the fibre

In woollen spinning, the hand spinning method is imitated, but worsted spinning conforms to modern ideas of production. The choice of method depends to a large extent upon the character of the wool fibres whose most important spinning properties, length and fineness, vary greatly even in fibres from the same sheep. Woollen machinery is designed to deal with fibres differing in length and fineness, whereas worsted machinery demands careful selection or "sorting"

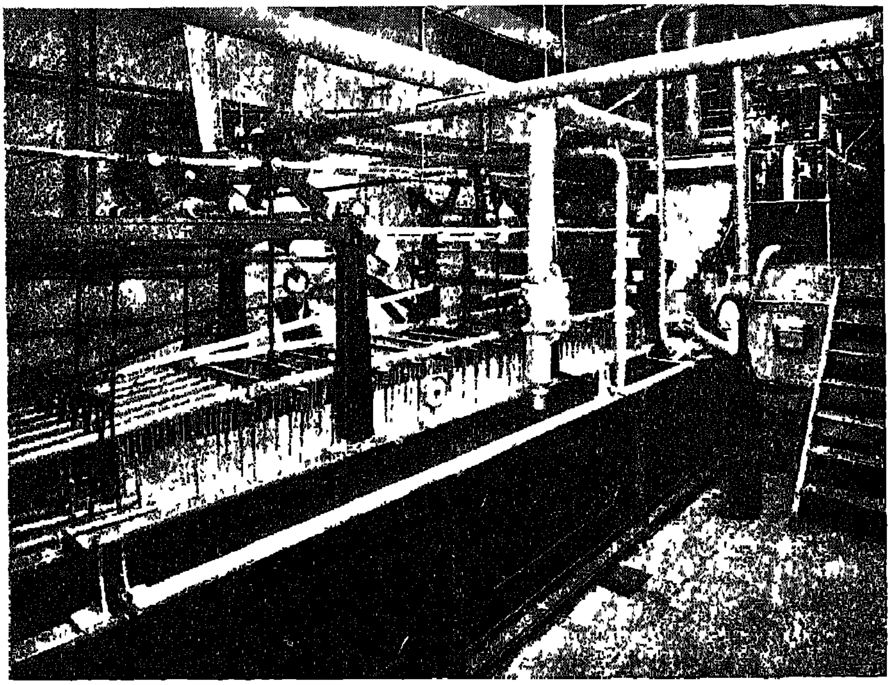
The first machines used in the woollen system, such as the "willow" (or "willey") and the "fearnought," gradually disentangle

fibres and evenly distribute them through the batch. To ensure a good result the operatives must feed the machines with constant amounts of wool at regular intervals and guard against undue damage These are the "opening processes "

The opened wool is then scoured and fed into the "card" or carding machine which consists of a series of revolving cylinders covered with numerous fine wire teeth or pins (Fig 2) Some cylinders accumulate a web of fibres and in turn are stripped by succeeding cylinders set close to them During this process the fibres are straightened, separated from their bundle formation and re-mixed but there is no attempt to make them parallel in the web From the last cylinder the film or web is gathered into loose ropes or "slivers," each of which gains its first resemblance to yarn, although, at this stage, it is weak because it has not been twisted (Fig. 2)

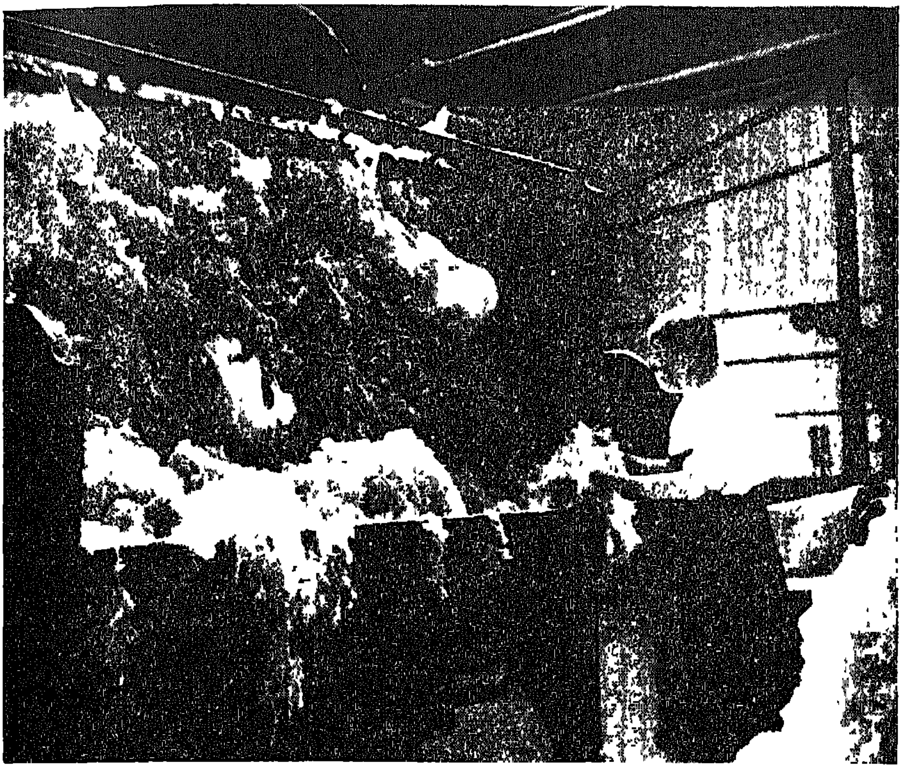
## *Principles of mule spinning*

The untwisted, partially formed yarn is finally shaped by the "mule" spinning frame, which passes the small lengths of web taken from the carding machine through certain rollers to revo ving spindles mounted on a carriage As this carriage is moved away from the rollers, the strands are thinned and stretched, thereby increasing their length and evenness (Fig 5) This process, owing to the twist provided by the spindle, favours the thinner sections at the expense of the thicker, so that the latter are easily



SCOURING THE RAW WOOL

*After sorting the wool requires scouring to remove all grease, sand, dirt, etc. This is accomplished as shown in the above photograph by passing it through a series of "bowls," each containing a solution of fixed strength The wool is propelled through the "bowls" by rows of forks.*



FEEDING WOOL INTO A CARDING MACHINE

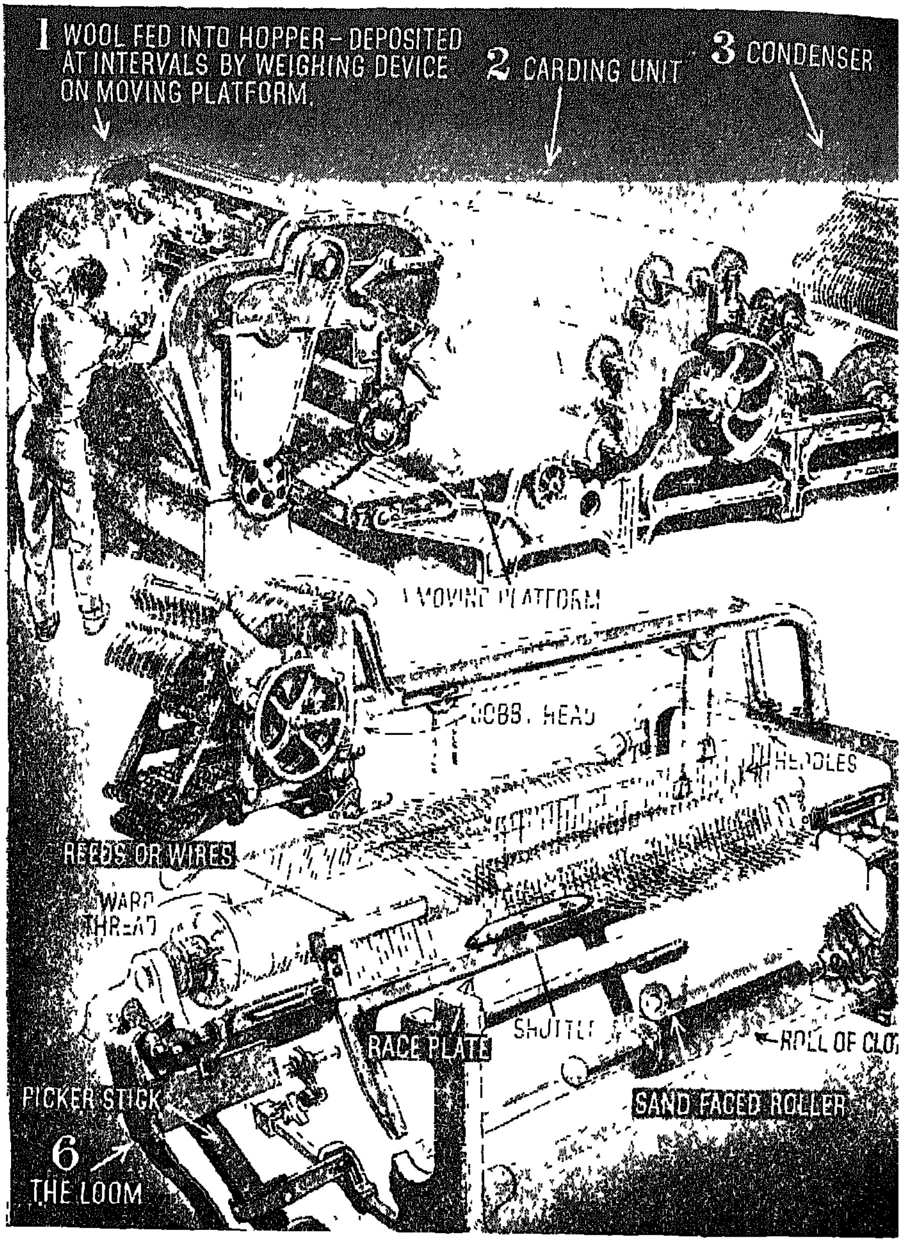
*On arrival at the mill the wool is "opened" by machines which gradually untangle the fibres and evenly distribute them through the batch before it is fed into the carding machine, in which the fibres are straightened, separated and gathered into a loose rope or sliver*

drawn out by the stretching action of the mule frame. Each time the carriage returns to the rollers the length of yarn is wound on to the spindle.

This complex mechanism requires the most skilled attention by the spinner and his attendant "pieceners " young boys who repair broken threads The mule faithfully copies the advantageous levelling action of hand spinning, but it has not overcome the disadvantage that spinning must stop while the yarn is being wound on the spindle This inability to spin and wind at the same time is not now regarded with favour and is partly responsible for the method of spinning by rollers, somewhat similar to the worsted process.

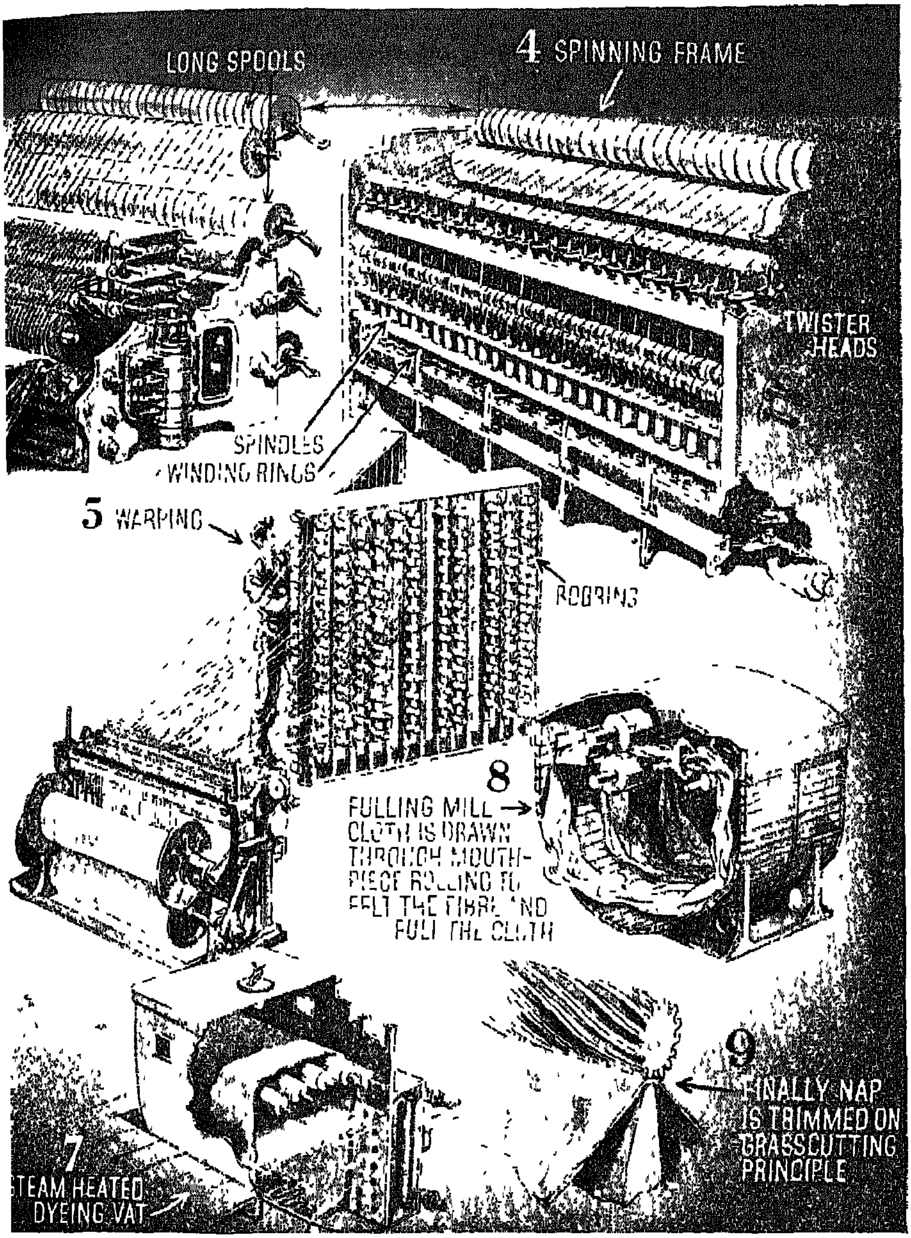
In worsted spinning, fibres are fed in rope-like formation through a slowly revolving pair of rollers which, in turn, passes them to a second pair revolving at high speed The fibres when gripped by the second pair of rollers are drawn out to form a length of material thinner than that fed into the slower pair, and the unbroken supply of fibres presented to the quickly revolving rollers enables a continuous length of yarn to be delivered

After leaving this "drafting" process the product is strengthened by a twisting operation. To maintain some semblance of control during drafting, the fibres must all be approximately the same length and parallel to each other, and even then




FROM WOOL TO CLOTH.

FIG. 2 *After the wool has been "opened," it is fed to a hopper (1) which in turn feeds it at regular intervals to the carding machine (2), where the fibres are straightened, separated and re-mixed From the last cylinder, they are gathered into strands or "slivers," for spinning. Here, as elsewhere, in the drawing, parts of the machinery are removed to reveal the process.*




SOME TYPICAL PROCESSES

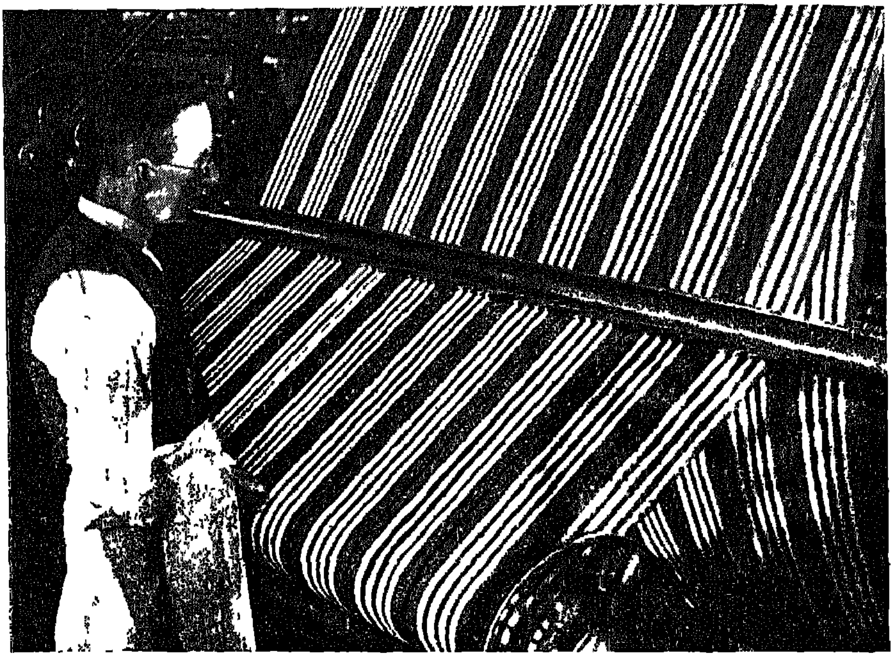
*Spinning (4) thins, stretches and twists the strands. To obtain full width of cloth, threads are wound from bobbins on to the weaver's beam (5), which is then placed in the loom (6). Dyeing and fulling are seen in (7) and (8), and (9) shows nap being trimmed by a nicely adjusted cutter. It is by such processes as these that Britain's excellent woollen fabrics come into existence.*

it is impossible for the fixed roller system to exercise the same sensitivity in levelling as the twisting operation on the mule. This limitation of the roller drafting method causes worsted processing to be much more complex than woollen and the raw material must be chosen with far greater discrimination

### *Wool-sorting for worsted*

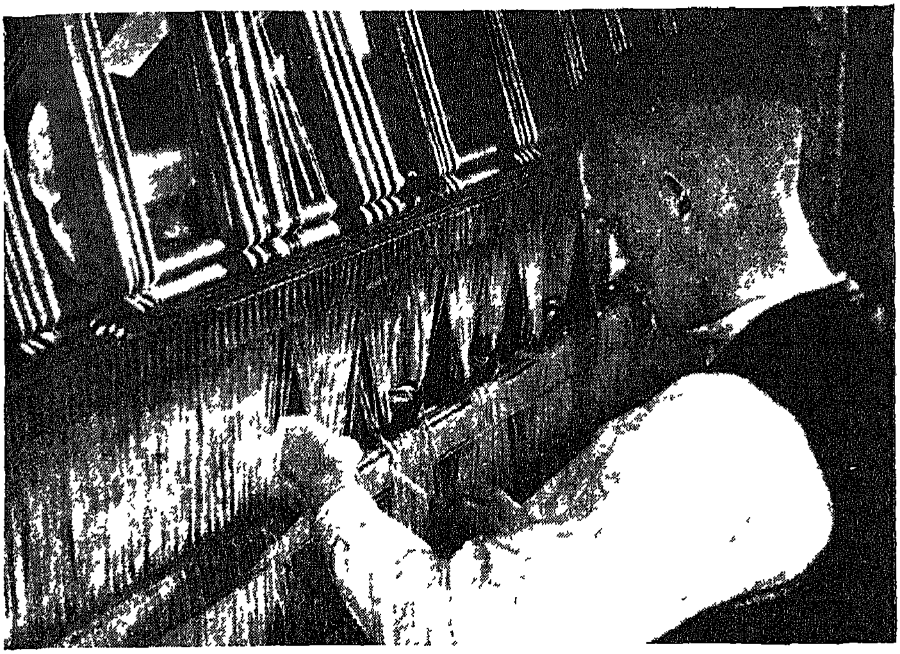
Wool fibres differ according to the breed of sheep and similar fleeces are grouped or "classed" in the country of origin. As previously mentioned, the fleeces contain varying amounts of wool, fat and dirt, and the prospective buyer must estimate the correct net weight of wool per bale from what is, to the layman, a cursory examination of an indiscriminately picked handful of fibres. Unfortunately, there is usually a great variation in the length and fineness of fibres in different parts of one fleece, and for successful processing it is necessary to get together from numerous fleeces the parts that are similar This selecting is known as "wool-sorting," and the sorter is expert in dividing up a fleece by hand into the different lengths and qualities of wool.

After sorting, the wool is raked through a series of tanks or "bowls" containing soapy solutions which remove the grease and dirt. Hot air in a drying machine takes away the excess of moisture and thus the wool is made ready for the worsted carding process, which is carried out on a machine similar in many respects to the woollen carding machine already described In this case, the fibres are kept as parallel as possible



ROLLING OFF THE WARP

*Here is seen an operative supervising the rolling off of the warp, or longitudinal threads, on to the weaver's beam The threads are drawn from the bobbins and wrapped about the beam in even coils. A number of beams may be required to provide sufficient warp for weaving operations.*



GETTING READY FOR WEAVING

FIG. 3 *With a dexterity born of long practice, this skilled mill operative draws the end of each thread of warp through a separate eyelet before weaving can commence During the weaving process the weft, or cross-thread, is automatically interlaced between the strands of warp to form the cloth.*

Stress has been laid upon the necessity of regular fibre length in the production of worsted yarn, and even the wool-sorting process cannot be regarded as a sufficient guarantee of the required degree of regularity The next process, known as "combing," does secure a satisfactory selection of long and short fibres and is the key to the manufacture of worsted yarn

There are many methods of combing, all relying on the ability of the longer strands in a fringe of fibres to bridge a measured gap and present themselves to a pair of revolving rollers so that they can be drawn from the bulk. The short fibres, which fail to bridge the gap, are the rejects known as "noils." Although too short for worsted manufacture, these are ideal for forming the leaven in the blends which constitute the material fed to the carding machines in the woollen system. Carding and combing operations are so clearly linked that one manager supervises both, with female labour to replenish the combs and overlookers to make necessary mechanical adjustments

In the succeeding operations, termed "drawing" and "spinning," the combed mass of long fibres called the "top" is gradually drawn out to a thin yarn by the roller drafting method already mentioned The slivers are repeatedly combined and thinned in the machines so that irregularities tend to be distributed over long lengths of the final yarn. Groups of "drawing boxes" and spinning frames are attended by women workers who feed the machines and pass the full bobbins to the next group in the line of production. An equitable distribution of the various types of work is ensured by an overseer,

who also makes the mechanical adjustments required by the particular quality of the wool concerned

From the making of yarn we may now turn to the creation of cloth in the loom A woven fabric consists of a series of parallel strands of yarn known as the "warp," interlaced at right angles by a second series termed the "woof" or "weft." This interlacing takes place in the loom which has three principal motions The "shedding" action lifts certain threads of warp above their neighbours so that when viewed from the side of the loom, the threads resemble a V lying on its right side. By the "picking" action, the shuttle carries weft across between the two sets of threads thus arranged in shedding, and in "beating-up" the most recently inserted strands of weft are forced against those previously interlaced

## *Preparing the warp*

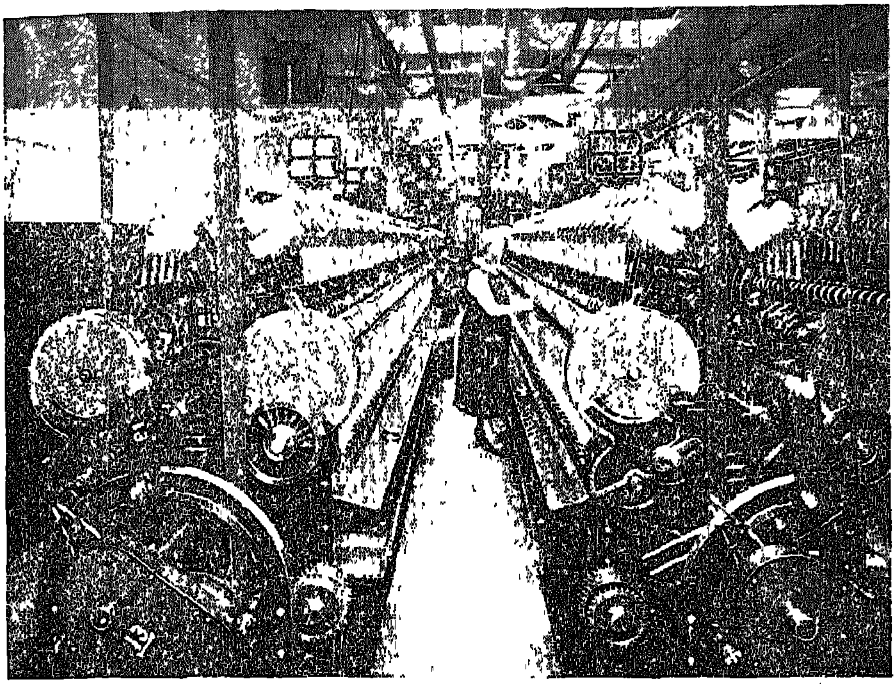
The warp threads required to obtain the full width of cloth are drawn from the weaver's "beam," which is like a huge bobbin and holds sufficient material for long lengths of cloth The preparation of the warp on this beam demands the close attention of skilled women operatives who fill tall frames with numerous bobbins of yarn, from which the threads are wound along the whole length of the weaver's beam. The beam is further prepared for the loom by drawing the end of each thread through a separate eyelet carried along with hundreds of others on long, slender shafts used for the operation of shedding (Fig. 3).

This tedious work, usually involving the individual handling of thousands of threads, is commonly done by a skilled man assisted by a young boy or girl.

The warp beam is placed in the loom by the weaving overlooker, who is responsible for the correct running of the loom and also acts as adviser on weaving problems to the weavers on the looms in his group Each loom is attended by a weaver whose duty is to replenish spent shuttles with new supplies of weft, repair broken threads and constantly inspect the cloth being woven, so that the overlooker's attention may be called to flaws due to faulty adjustment of the loom Lightweight fabrics may be woven on comparatively simple looms which produce at a quick rate, and these can be operated without undue strain by women weavers. Indeed, a weaver may attend three or more looms, if these are automatic. Heavy fabrics must be woven in sturdily built machines worked by men

The design on the cloth is obtained by altering the order of the interlacings of warp and weft in different places, and varying their reflection of light From the designer's point of view, looms may be simple or complex according to the number of threads controlled in one unit of the pattern "Tappet" looms are used for simple fabrics, "dobby" looms for fancy weaves in which precision is especially needed, and "jacquard" looms for cases in which the pattern may extend several inches across the cloth Broadly speaking, weavers trained to one of the three types become so specialized that they rarely transfer to the others Even within a single group there are special mechanical features which tend to keep the operative to one kind of work

A wearisome feature of weaving is the continual replenishment of the shuttles, requiring the stopping of the loom with a consequent loss of production Certain types of loom can automatically replenish their spent shuttles, thus—providing the fabric structure is simple—permitting an increase in the number of looms one weaver can operate This has developed a new weaving technique which devotes more attention to the repair of faulty weaving and less to scrutiny during weaving, because the loom automatically stops when threads break and an indicator



SPINNING WORSTED YARN

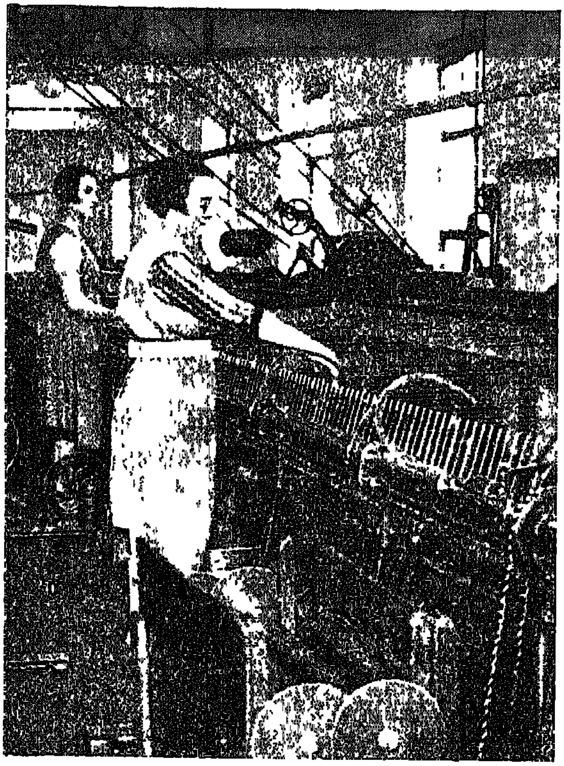
FIG 4 *For the production of hard-wearing worsted cloths, cap spinning is the method used Fibres are fed through a slowly revolving pair of rollers and gripped by a second pair which draw them out to form a length of material thinner than that fed into the first The fibres are strengthened by twisting Above is seen an impressive vista of machines used for cap spinning.*

attracts the weaver's attention Such intricate mechanisms call for more specialized skill in the overlooker, who must have considerable engineering ability besides proficiency in the processing of cloth To run economically, automatic looms should produce long lengths of fabric from one warp beam, thereby tending to mass production in design

As the success of a large part of the wool textile industry depends upon the variety of the designs produced, the importance of the cloth designer must be emphasized Besides originating new styles, his duties in an ordinary firm may include analysis of fabrics, emulation or imitation of the design of existing cloths, and checking of fabrics in the loom

After weaving, each piece of cloth is carefully scrutinized, and faults invisible to the untrained eye are corrected by "burlers" and "menders " The burler draws out thick threads, opens out any knots, and pushes loose ends from the face to the back of the cloth Menders insert yarn where threads are missing

The three most usual ways of dyeing wool are as loose wool, in tops, and in the form of cloth In the first and second methods opportunity is taken to mix fibres of various colours and spin them into "mixture" yarns for use in the more exclusive types of fabric Such cloths require simple treatment in finishing and are first washed in large "scouring bowls" whose rollers repeatedly squeeze and immerse long lengths of fabric in soap solution. Cloth about to be "piece-dyed"

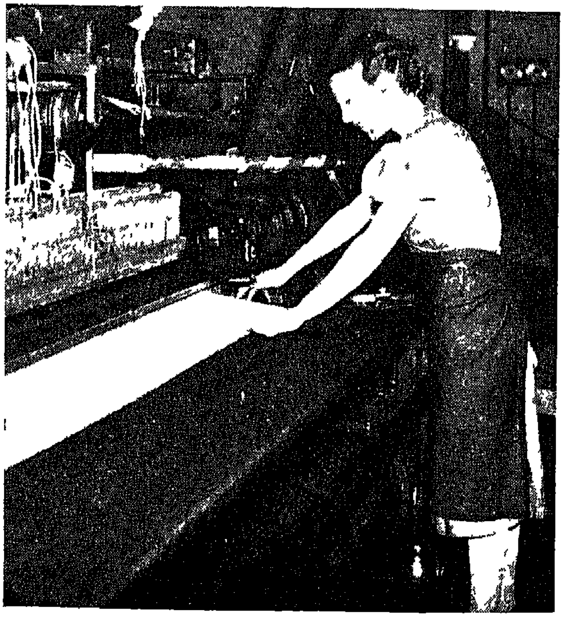


MULE SPINNING

FIG. 5 *Above are mule spinning operations, in which the partly formed yarn is thinned, stretched and wound upon the spindle*

must also be cleaned in this way, and the scourer must ensure the complete removal of oil from the yarn to avoid complications in dyeing It is possible for fibres with different dyeing properties to be woven in one fabric to reduce costs or imitate "mixture" effects by cloth dyeing If the former, the dyer may colour the cloth to conceal differences in fibre types Alternatively, he may tastefully reveal the fibres' contrasting dyeing properties in combinations of colour, which may vary in comparatively short lengths of cloth This technical skill on the dyer's part allows a large volume of material to be spun and woven, and postpones the colouring of the fabric until as late as possible in the series of manufacturing processes: an important provision in view of rapid changes of fashion

Compact and full-handling fabrics are usually secured by the milling or "fulling" process, and the milling machine obtains the effect by drawing a length of moist cloth from a confined space against the



WEAVING BLANKETS

*This close-up photograph gives a detailed view of blanket weaving, with the woman operative adjusting her machine* *See below*

resistance of a weighted lid The miller must prevent undue shrinkage by repeatedly stopping the process and measuring the contraction of the cloth If, after milling, the wool fibres do not project sufficiently from the body of the cloth, it may be necessary to lift and lay them systematically on the surface of the fabric This operation, termed "raising," draws the cloth into contact with rapidly revolving vegetable "teazles" or wire brushes, circular in form, which pluck and raise the fibres

Obviously, prolonged raising would weaken the fabric and this must be avoided by the operative's careful supervision The milling and raising processes leave fibres projecting irregularly from the surface of the cloth and these can be cropped to one length by a cutting machine similar in principle to a lawn-mower The cutting blades must be accurately set at the required distance from the cloth by the finisher, who must also be on the alert to prevent damage to the cloth by the knife of the machine The remaining processes of cloth finishing include pressing and brushing and steaming which slightly raises the fibres, thus obviating any excessive gloss due to pressing. When fully "finished," the fabric is wrapped in measured folds, made into bundles and packed in canvas for dispatch to the merchant, and so to the world

An industry cannot thrive merely by possessing raw materials, mills, machines, and workers. Consumers must be found for the products, and the study of markets is a vitally important part of wool textile activity. Here we encounter one of the critical problems of the industry's welfare. Whereas a fashion used to run for a season of many months' duration, normal modern life calls for frequent changes. This rules out bulk production of any particular type of cloth, and small firms, it is contended, can ring the changes with greater success than large organizations, to which frequent adjustments are uneconomic. It is sometimes debated whether the caprice of the consumer should be indulged in such detail but, as yet, no plan (other than war-time control) has been devised for a co-operative limitation of styles by producers



PREPARING FOR THE LOOM

*Shown above is a weaver engaged upon filling a frame with weft bobbins ready for insertion in the shuttle—one of the many tasks in which women figure in this industry*

Staple fibre cut into lengths suitable for blending with various types of wool is being increasingly used When mixed with wool, delustred staple fibre, specially treated to be crease-resisting and to take a wool dye, cannot be distinguished from pure wool by the eye and touch of the layman



PIECING AN END

*No detail however small is overlooked in a cotton mill The above photograph shows a woman worker engaged in piecing up a broken thread Such precise and delicate work is especially suitable for feminine fingers, as it is essential that the knot should be very neat and the ends should be broken off very short or serious flaws in the completed material may ensue*

# THE STORY OF COTTON MILLS AND THEIR METHODS

By E. Ostick

*From plantation to mill—raw cotton to finished fabric Loosening and cleaning The all-important sliver its progress to "jack roving" What the carder does Drawing and slubbing frames. Spinning machines, and how weavers run their looms. How your cloth is dyed, bleached and printed, and how it is finished.*

We take so much for granted When most of us think of cotton, it is as a finished material, an accomplished fact, without heeding the multiple processes involved in its manufacture From plantations where coloured workers toil in the sunshine, to the weighing and separating plants, from shipment to the mill thronged with busy operatives, and so to the product familiar to us—these stages escape us Thousands upon thousands of useful lives are wound for us on to a cotton reel

The United Kingdom imports its cotton from Egypt, India, Brazil and many other parts of the world, but the largest proportion comes from the U S A, where it is principally grown in the south and south-eastern states In the State of Mississippi, for example, there are hundreds of cotton plantations on which thousands of negroes work during the harvest. When the cotton bolls ripen these split open, and expose their seeds enveloped in white fibres ready for gathering When the harvest begins, negroes and negresses and their children troop into the fields to pick the ripe cotton by hand A mechanical picker is being gradually introduced into the cotton plantations, but hand-picked cotton is cleaner

When the cotton has been picked and weighed, it is sent to be "ginned," that is, the fibres are separated from the seeds by machinery The raw cotton is then tightly compressed into bales and despatched by rail and sea to England Finally, the bales arrive at a Lancashire spinning mill, and there we meet them

On arrival at the mill the bales of cotton are weighed Inspectors open some of them to ascertain whether the contents agree with the sample on the strength of which they were bought

## *Primary processes*

Before being spun into yarn, cotton must be loosened, cleaned, and converted into a convenient form for handling These processes are performed by machines known as "bale-breakers," "openers," "scutchers," and "lap machines," from which the cotton emerges in the form of a continuous flat band or "lap," with the heavy impurities removed Cotton yarns are usually spun from mixtures of cotton and blending needs skill Mostly, the mixing is done by machine, but the advantage of hand-mixing is that the cotton is better blended and gives more uniformity in the quality of the yarn In a spinning mill a considerable amount of fine fluff collects on the machines, and if this were allowed to accumulate, the resultant yarn would be lowered in quality because the machines would be incapable of doing their work efficiently. At intervals, all machines,

undergo a thorough cleaning (Fig. 1).

After the cotton has been loosened and some of the dirt and grit removed in the opener, it is passed to the scutching machine which further cleans the cotton and delivers a lap of uniform thickness and weight The lap of cotton next passes through the "card," a machine that removes the finer impurities which were not rejected by the bale-breaker, opener, and scutcher The carding process also extracts short or broken fibres, loosens the matted mass of fibre almost to a gossamer web, and then rolls it into a thick loose rope, called a sliver (Fig 3)

## *Drawing and slubbing*

The whole process of cotton spinning resolves itself into a series of drawings, doublings, and twistings From the carding machine the cotton issues in the form of a ribbon-like sliver Now it is taken to what is called a "drawing frame," where a number of these slivers will be united into one The drawing frame consists of three parts or heads, each acting independently of the others. Six cans containing slivers from the carding machine are taken to the first of these heads for the formation of a new sliver. The slivers are grasped by rollers, running at varying and nicely-adjusted speeds, which deal with them with a finger-and-thumb movement This unites the slivers in one, at the same time drawing this out to the required length, and coiling it once more into a can Six such slivers are then taken to the next head and the process is repeated Often a third combination of six is made so that the resultant sliver may contain 216 of the original slivers as they issue from the carding machine. To such automatic perfection has this machine been brought that it instantly stops if one of these light slivers should break

The drawing sliver then passes through a number of "slubbing frames" which reduce the sliver in diameter and impart a slight twist so that it is strong enough to be wound on a bobbin In preparing the better and finer qualities of cotton yarn, these slubbing processes require specialized machinery, shown in Fig 5

## *Types of spinning frames*

The last sliver from the slubbing frames is called a "roving," or "jack roving" when the sliver is exceedingly fine. The roving bobbins are now taken to the spinning frames where the fine roving is drawn out, twisted into a yarn, and wound up in the form of a cop There are two main types of cotton spinning machines (Figs 4 and 6), namely, the "self-acting mule," evolved from Crompton's invention (*ca* 1779), and the "ring frame," developed from Arkwright's water frame invented about 1769 In Great Britain in 1928, there were sixty million spindles making cotton yarn, in 1936, there were forty-five million, and in 1940, thirty-eight million Ring-frame spinning produces a greater weight of yarn per hour than the mule Women usually operate ring spindles, mule frames are operated by men In mule spinning exact adjustment of the machine, constant vigilance, experience, skill and rapid action are necessary if the best results are to be obtained The operatives employed on the mule are men and boys, called "minders" and "piecers" Each minder takes charge of a pair of mules working opposite each other He has under him a "big piecer" and "little piecer," whose duties are to piece (that is, to mend) the ends of broken threads, keep the mules clear of waste and gather the cops from the spindles.

## *Temperature of the mill*

In the spinning mill the temperature and humidity should be correctly adjusted if the best yarn is to be obtained from the cotton All new mills are fitted with humidifying and ventilating appliances.

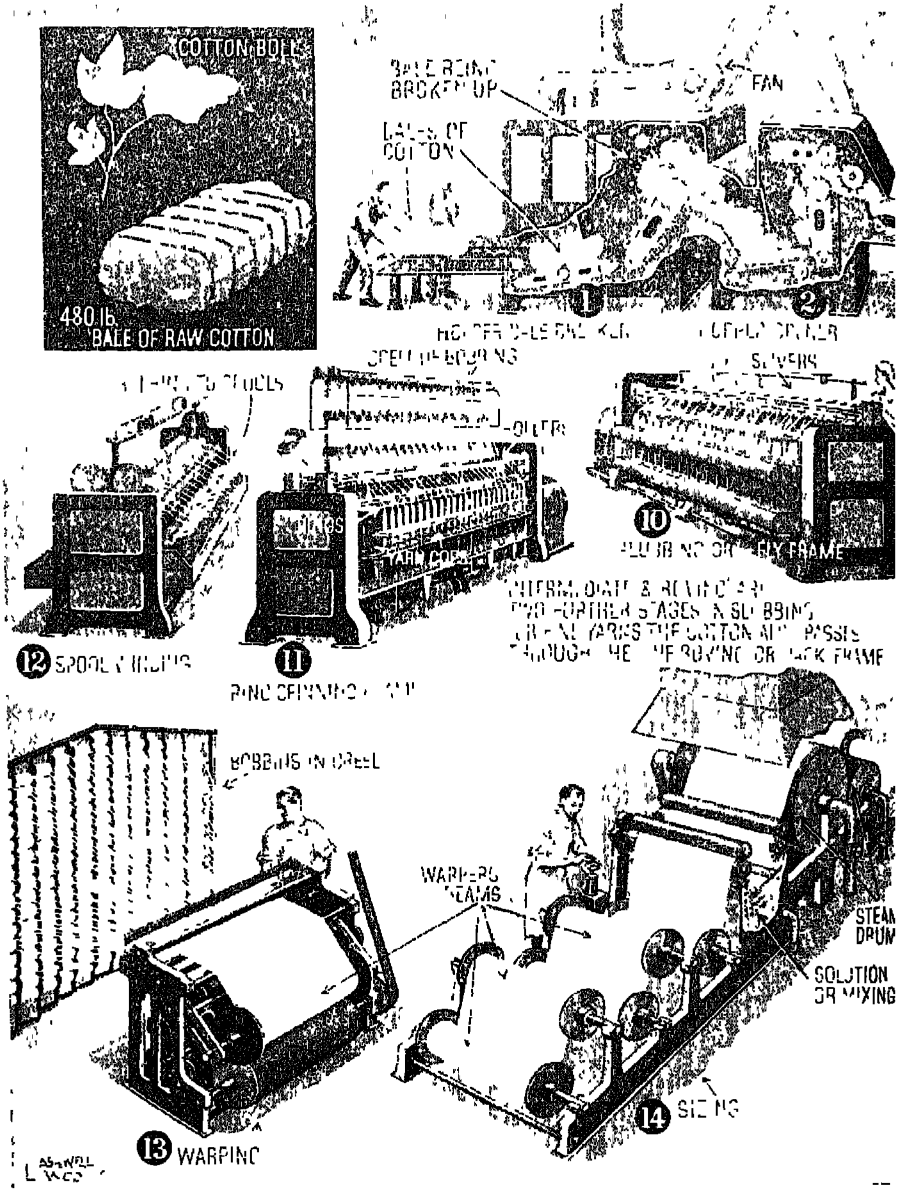


CLEANING THE MACHINES

FIG 1. *Clean machines are always the workers' pride—especially in a cotton mill where the nature of the material renders it more than ever necessary Above, a girl is busy clearing away cotton waste*

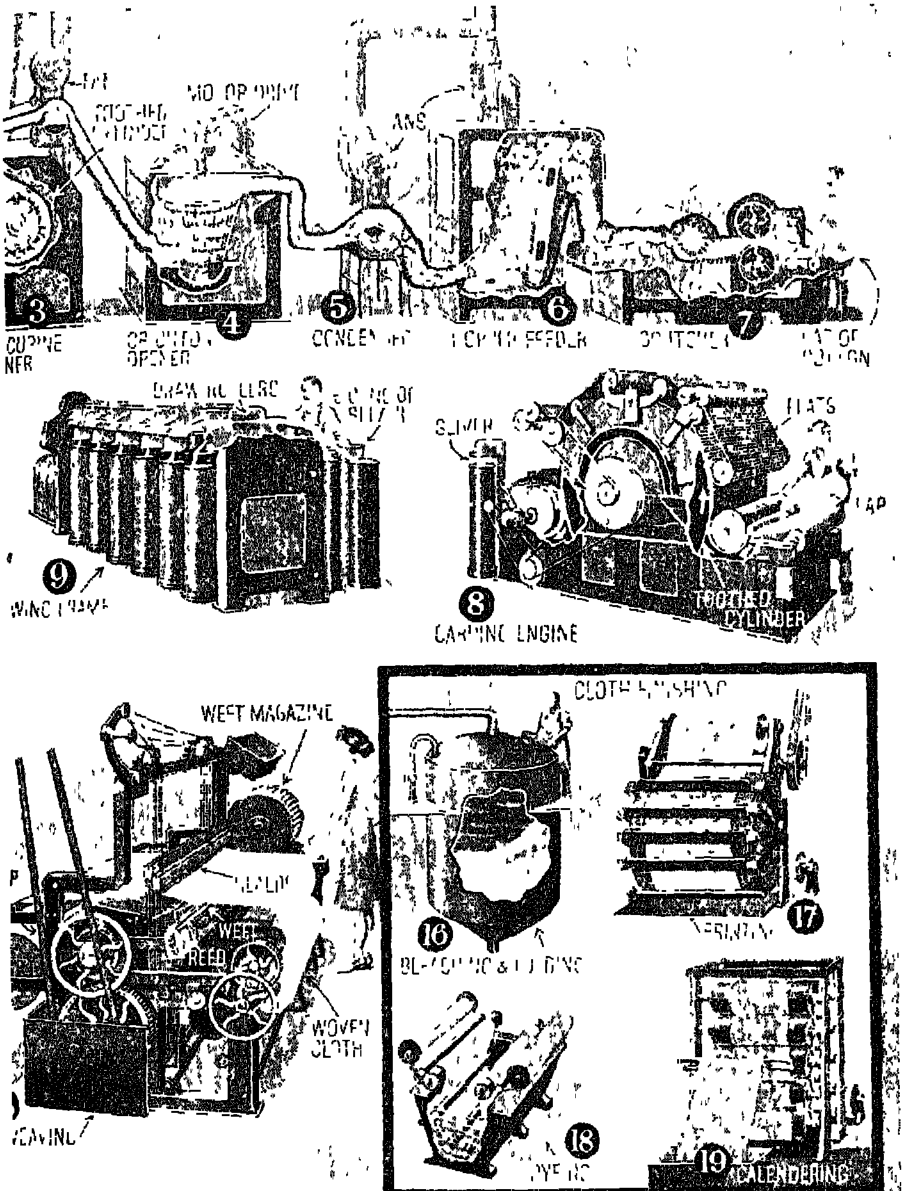
Not only do these appliances humidify the air, they free it from soot, and thus keep the cops of cotton clean. Working conditions for the operatives are also improved by such methods.

Throughout the cleaning, drawing, doubling, and twisting processes, the raw material consists of short hairs or fibres To combine these fibres into a long, strong, and uniform thread represents a




FROM COTTON BOLL TO FINISHED CLOTH

FIG 2 *From plantation to mill, from bale-breaking to calendering, most of the significant processes of British cotton goods manufacture are here indicated in their order of progression How the bale of cotton is fed to the hopper bale breaker, and eventually appears as a lap at (7), is shown in a drawing made specially to indicate the internal mechanism of the various devices*




HOW COTTON GOODS ARE MANUFACTURED

*It is not until the lap of cotton emerges that it is again touched by human hands Thereafter the cotton passes through numerous processes until it is woven into cloth, which then undergoes the "finishing," as seen in the lower right-hand corner, undertaken by the "commission trades" A closer, more explanatory view of the process of printing cotton (17) will be found on p 171.*

high combination of good judgment, manipulative skill, organization, and mechanical knowledge

As it comes from the spinning mills, the yarn is of two types—twist and weft Twist forms the thread which runs from end to end of the cloth, and is called "warp" The weft threads, or "picks" of weft, pass from edge to edge of the cloth, and are sometimes called "woof" or "filling" Twist yarn, having to bear a greater strain in the course of manufacturing, is usually stronger than the weft

After spinning, the first process is that of winding, the object of which is to place a certain length of yarn on the spool or bobbin The operation of winding is simple, and is readily learned by girls or women Their work consists in replenishing the yarn and piecing up broken threads It is essential that in piecing the thread the knot should be neatly made and the ends broken off very short An ingenious apparatus does this automatically, strapped to the hand of the winder, it makes the knot and snips the ends

## *Warping and sizing*

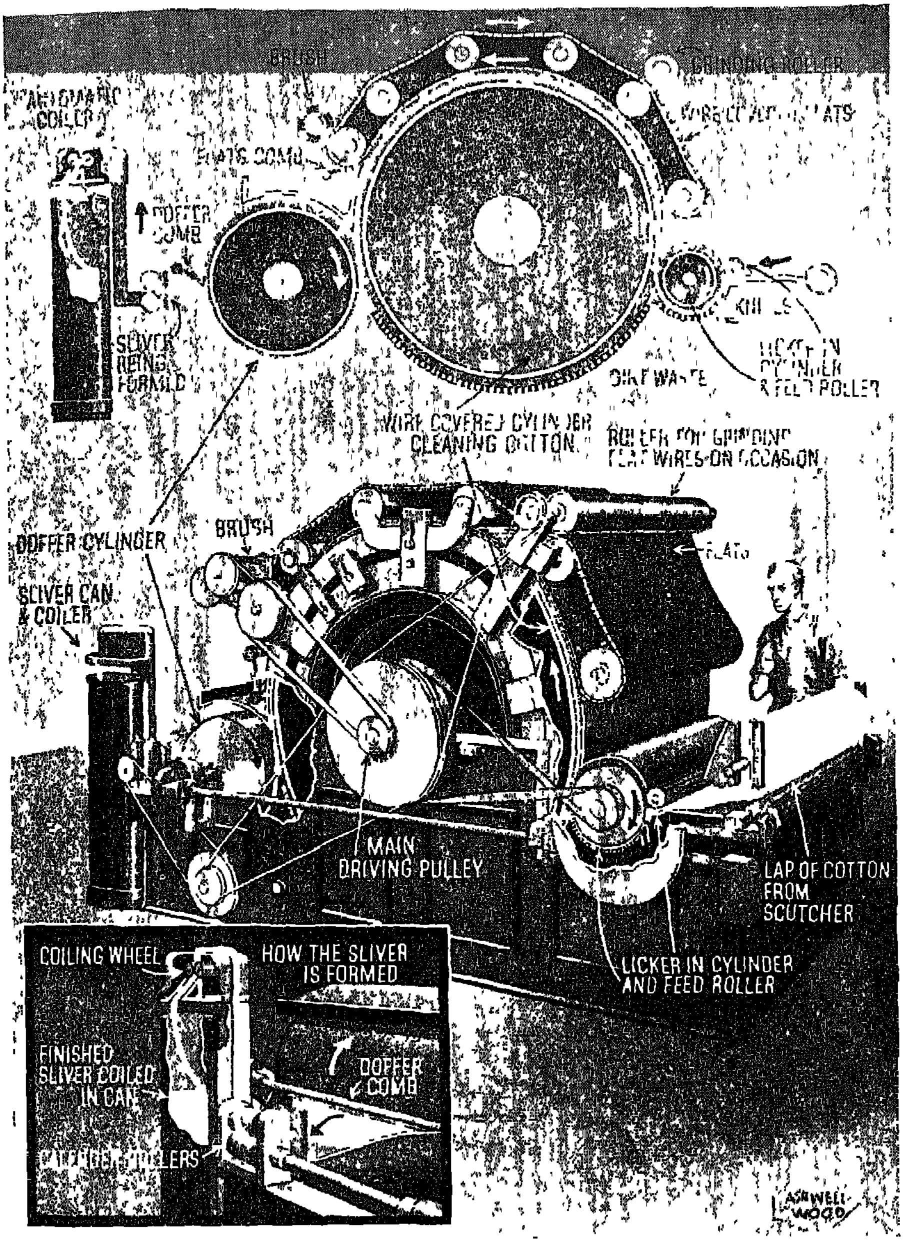
The second process in preparing the warp for the loom is that of warping, in which yarns are transferred from warper's bobbins to a large flanged beam in the form of a wide sheet For women, the work of warping is pleasant employment Following the warping process is that of sizing, which consists in applying a paste to the yarn to strengthen it and enable it to withstand the friction and tension in the loom during the weaving operation Some folded yarns will weave quite well without size, but single yarns for the warp must be sized The work of sizing is done by men well organized as a trade, and so another process is completed

After sizing, the yarn is dried and run on to beams, these beams holding sized warp are now taken into the looming room, where the threads of the beam are attached to the "healds" and "reed." In a loom, a heald is the guide of a warp thread, the reed, the device that separates the warp threads Since it is necessary that the warp threads may be lowered or raised in various combinations to allow interlacing with the weft, each warp thread must be passed through an eye in the centre of a harness wire. The passing of the ends of warp through their proper harness wire is an operation requiring some skill The actual drawing-in is usually performed by an experienced worker of either sex, who sits in front of the harness and is assisted by a "reacher-in"—a boy or girl who sits behind the harness on the same side as that on which the sheet of warp threads droops.

## *Drawing-in simplified*

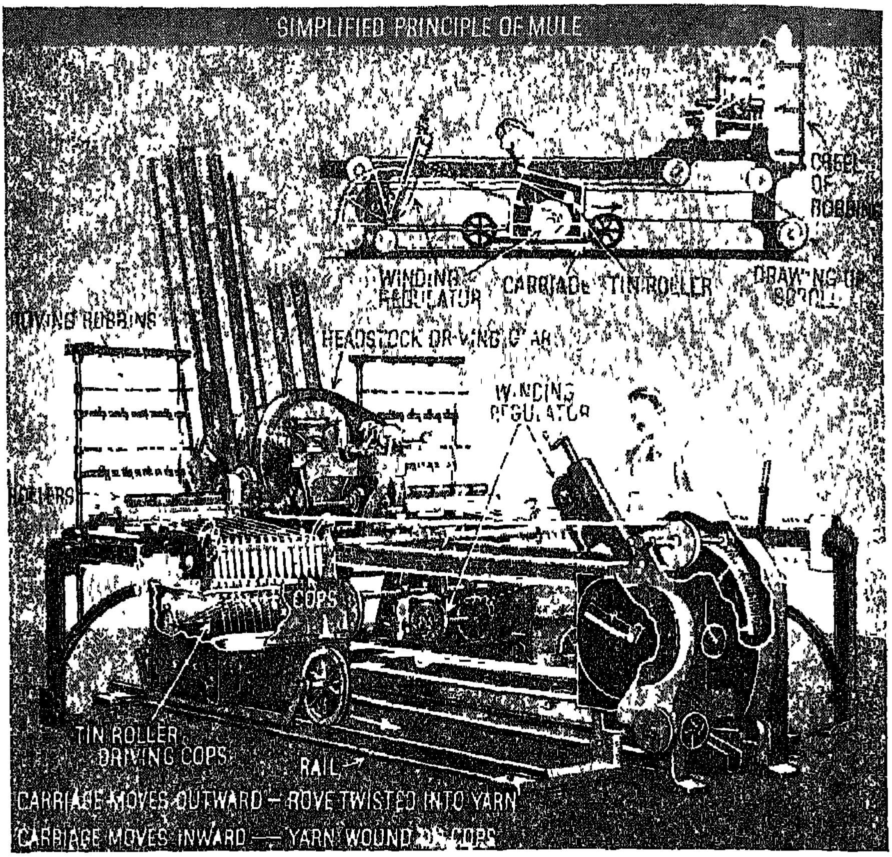
Drawing-in does not demand any undue mental or strenuous physical effort or special technical ability Nevertheless it is a tedious and monotonous occupation requiring dexterity and diligence Of late years, however, very considerable improvements have been made in these frames to render the operation of drawing-in less fatiguing for the worker A mechanical reacher for drawing-in frames has been installed in many mills and this device dispenses with the youth usually employed to select the warp threads for the drawing-in operator

When the drawing-in is completed, the beam of warp with the healds and reed is taken to the loom, the various parts being fixed on the framework The warp passes over the back rest to the healds and through the dents of the reed, in the process of weaving the healds jerk up and down, forming and re-forming the "shed" through which the shuttle passes. The weft is skewered in the shuttle, driven by the picking stick from side to side and interwoven with the warp. After each pick the reed drives home the new thread against the preceding pick.




BIRTH OF THE SLIVER

FIG 3 *From the scutcher (see Fig 2, No 7), the lap of cotton goes to the carding engine where the sliver is formed Above, the whole process is simply explained Basis of all cotton materials, the sliver then goes to the drawing frame—next stage on the way towards the finished product In the middle portion of the drawing, the sequence of the process must be "read" from right to left*

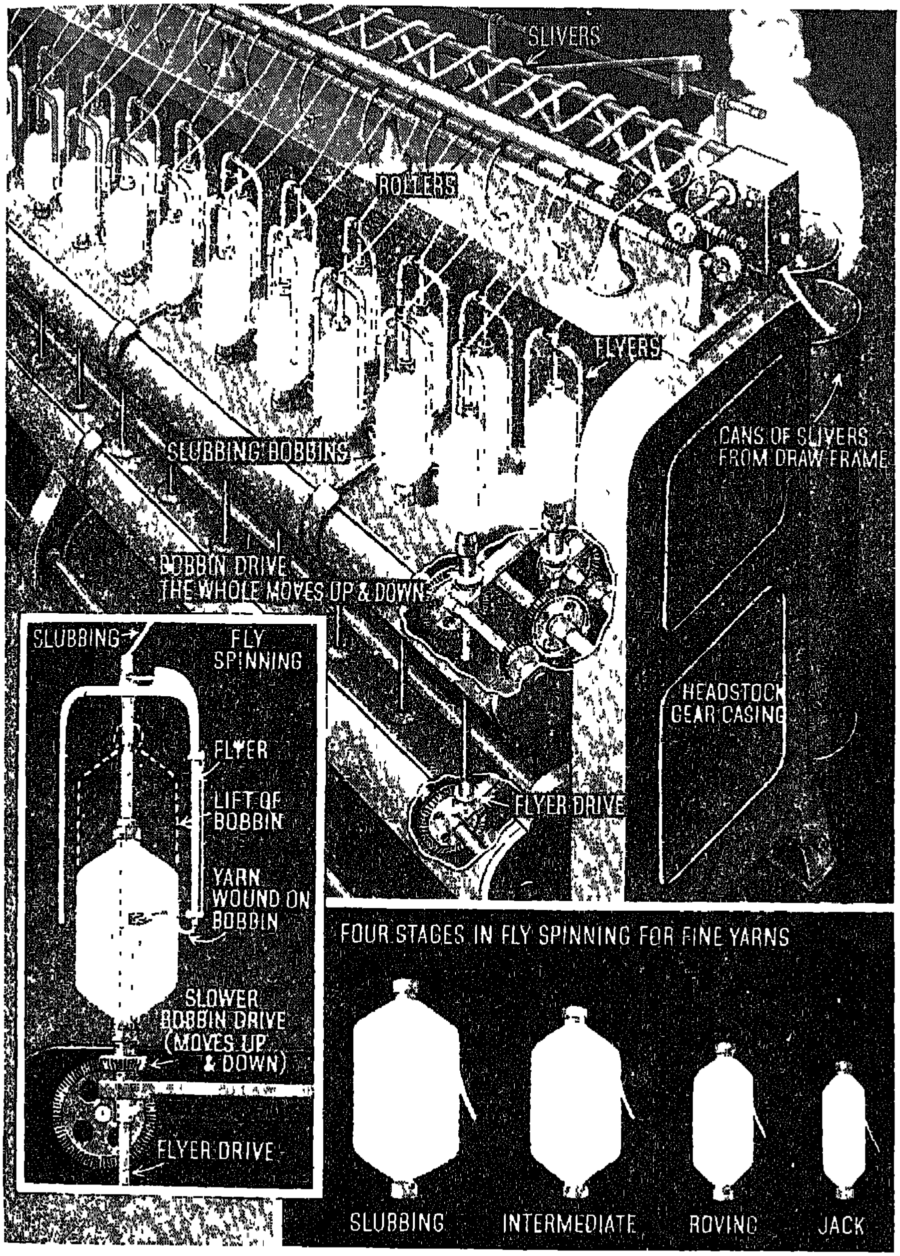



SELF-ACTING MULE

FIG 4 *One of the two main types of spinning machine, the "self-acting mule" is demonstrated in this illustration Mule frames are operated by men and boys called "minders" and "piecers," each minder taking charge of a pair of mules, with a big and little piecer to help him in his work.*

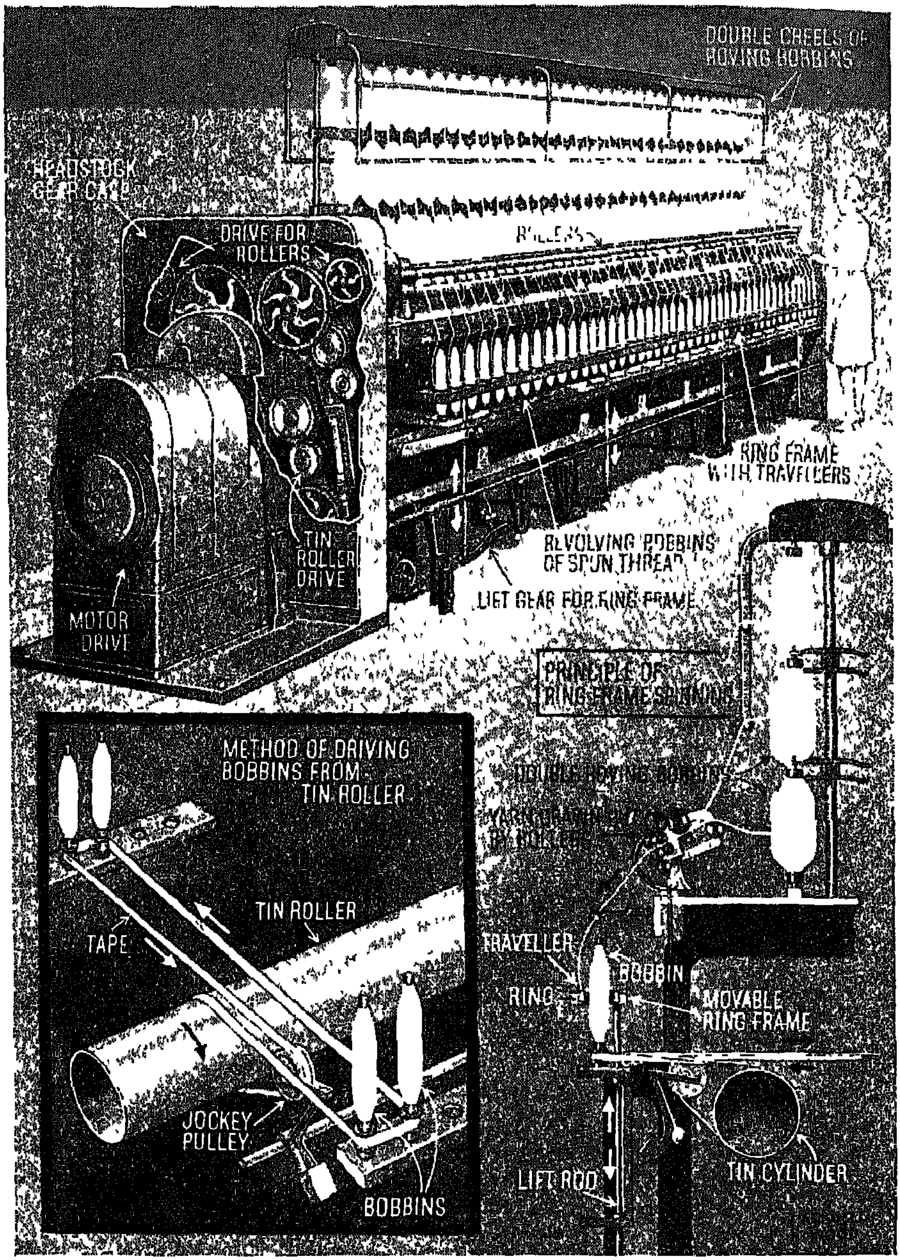
A loom requires a considerable amount of repairs and renewals These are delegated to an overlooker, usually called a "tackler," who has charge of about a hundred looms If fancy goods, that is figured cloths, are being woven, then fewer looms are under the tackler's control, if plain narrow cloths are being woven, the tackler may be in charge of 150 looms The tackler's work is to keep the looms supplied with warps, gait them up, repair or tackle the looms, and perform many other essential duties

There are various forms of looms, and the appliances for making different patterns and qualities of cloth are innumerable Briefly stated, weaving consists of three operations (1) "shedding," that is dividing the warp by lifting up certain threads and leaving others down to form the desired interlacing of the warp and weft, (2) "picking," or throwing the shuttle between these two sets of threads leaving a pick of weft in the "shed;" (3) "beating-up," bringing the pick of weft up to the one which preceded it. The




SLUBBING ON THE FLY FRAME

FIG 5 *Slubbing, which reduces the drawing sliver in diameter and strengthens it by twisting, is performed on fly frames as seen above Thus the sliver is prepared for winding on bobbins, being now known as a "roving" or "jack roving" The bobbins then go away to the spinning frames.*




FINAL PROCESS IN SPINNING—THE RING FRAME

FIG 6 *Unlike mule frames (Fig 4), ring frames are usually operated by women From the ring frame the bobbins go for spool winding and other treatment on their way to the weaving loom as seen in Fig 2 How the ring frame functions is explained in the specially prepared picture seen above*

shedding is effected by three distinct sets of appliances termed "tappets," "dobbies," and "jacquards," which are limited to the formation of simple, medium and complicated designs These are again subdivided into numerous types of each sort, each with its own peculiar advantage to some special make of cloth

### *Weaving plain cloth*

In the weaving of plain cloth, the average weaver runs four looms, but in many mills provision is made for three or even two-loom weavers, while they are qualifying themselves for the higher number In some north-east Lancashire towns, five- and six-loom weavers are not infrequent on narrow strong goods. The weaver's duties consist of piecing up the broken ends of warp and drawing them through the heald and reed, filling the shuttles with weft and placing them in the loom as those in working become empty, oiling, doffing "cuts," and performing simple repairs The essential difference between the common Lancashire power loom and the so-called automatic loom is that in the latter, when the weft breaks or is exhausted, the shuttle is automatically recharged with weft and threaded without being removed All that the weaver has to do in regard to the weft is to keep the magazine charged, and the loom will then run for some two hours, unless it be stopped by the breaking of a warp thread Though invented by an Englishman, the extensively-used automatic loom has not yet been adopted on a large scale in Britain

From the weaving shed the weaver takes her cuts or pieces of cloth to the warehouse where they are put on the folding machine, which hooks the cloth in folds of one yard

The cuts of cloth (marked with the weaver's loom number) are then carried to the cut-lookers who rapidly examine the cloth to discover any imperfections The cut-looker reports any flaws or faults in the cloth to the weaver, and throws out as "seconds" those pieces which are not up to the required standard For cloth faults due to the weaver, such as "floats" caused by failure to interweave at some point, the weaver is "bated," or fined, according to the seriousness of the fault In the warehouse the cloth is made up into bundles ready for despatch

But to return to the cloth which has been examined by the cut-looker. If the goods are to be shipped in the "grey," the cloth is sent to Manchester when it undergoes a second scrutiny prior to packing Cotton cloth direct from the loom is known as grey cloth, because it has a grey or yellowish appearance due to impurities. If the goods are to be bleached or receive some further treatment, they are packed, despatched by rail or motor lorry to the bleach works where they will be treated in accordance with the instructions of the merchant or the shipper concerned

Previous to the actual bleaching operation, the pieces of cloth are singed, that is, the fine projecting fibres are burnt off the surface of the fabric The singeing operation is performed by rapidly passing the cloth, in open width, over red-hot copper plates or between rows of Bunsen burners Singeing smoothes the surface of the cloth, thus giving it a more attractive appearance when subsequently dyed or printed After being singed, the cloth is passed through a trough of water so that any sparks on the cloth may be immediately extinguished The cloth is now ready for bleaching

### *Bleaching and mercerizing*

By far the greater quantity of cotton is bleached in the piece, though this can be done at any stage, before and after its manufacture. Cotton is bleached in the loose state for the preparation of absorbent surgical wadding, and also for the

preparation of gun cotton Yarn is bleached for use in woven goods, for sewing threads, crochet cottons, laces, and embroideries Cloth-bleaching is carried out with one or more objects in view firstly, that of supplying a pure white cloth for sale in the domestic markets of the world, secondly, of producing a white cloth in preparation for the process of printing, and thirdly, of preparing the grey cloth so that the dyer can exercise his skill in colouring it in light, medium, or dark shades.

*Impurities removed*

The natural impurities in cotton, in the raw state and as yarn, consist of fatty acids, wax, colouring matter, etc , amounting in all to about five per cent of the material In addition, cotton cloth contains the various sizing materials, such as starch, wax, soap, etc , previously added to facilitate the weaving Bleaching removes these impurities and leaves the cloth in such a condition that it is capable of evenly absorbing the various colouring matters applied to it

Cotton yarn and cloth are often mercerized, thus giving the cotton a permanent silky lustre, and increasing its affinity for certain dyes Cotton may be mercerized before or after the bleaching process, and cloth woven from mercerized yarns possesses a higher lustre than that mercerized in the piece After mercerizing, sewing and crocheting cotton threads are as lustrous as spun silk

As there is a considerable demand for coloured goods, the dyeing and printing sections form a very important branch of the cotton industry The main object in dyeing is to ensure a perfect union between the material and the colouring matter, so that the colour will not be seriously affected by light, washing, or friction Let us see how this is ensured

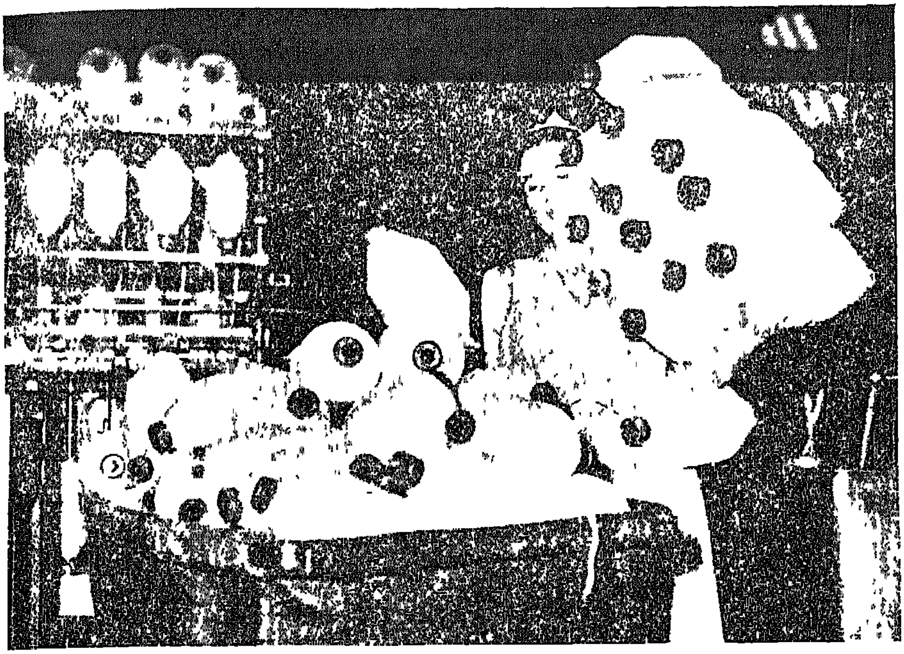
Cotton is dyed at almost every stage of its manufacture In the dye works are found specially constructed machines for the dyeing of loose cotton, slubbings, rovings, yarns, and cloth The operation is much more than a mechanical process, success depends very largely upon the dyer's care and skill Cloth is dyed by immersion in a more or less heated solution, and generally in machines which carry the cotton fabric through the dye solution at open width In most cases a machine called the "jig" is used The dye is mixed in a separate vessel and then added to a certain amount of water already in the jig The fabric is circulated through the dye liquor until the required depth of shade is obtained It is then washed, squeezed in a mangle, and dried Cotton yarn dyeing is practised to obtain coloured warp and weft for use in checked and striped patterns Yarn is usually dyed in the hank form and may be done by hand or machine, where large quantities have to be treated, the latter is the more economical method

In dyeing cotton, or any other material, the dyer must exercise good judgment He must take care that the dyestuff he uses is completely dissolved and that the temperature of the solution is right, he must mix the ingredients in the correct proportions to obtain a thorough and even penetration of the dye liquor In practice, the dyer is expected to treat as much cloth as he can with as little dye as possible

*How cotton is printed*

After being bleached, many cotton fabrics are sent to the printing works where the material is impressed or stamped with one or more colours to form a pattern Cotton prints are very much more plentiful than any others, and the process is generally known as calico printing, although many cottons, other than plain calico, are submitted to such methods of decoration

By far the cheapest, and therefore the most common, is the method of printing



BOBBINS FROM THE CREEL

*From the slubbing frame, a woman worker is removing the full bobbins of cotton slubbings, which are later spun into cotton yarn as shown in Fig 2, No 11 The yarn is then wound on spools, warped and sized, and finally woven Creels are the frames which hold the paying-off bobbins*

cotton cloth by the copper cylinder or roller The modern printing machine has a series of copper cylinders on which the design to be printed is etched or sunk The colour paste is carried in a box in which a wooden roller revolves This in turn carries the colour to the engraved roller, which thus becomes coated with colour As the patterned roller revolves, the colour, except that in the etched portions, is scraped off by a blade, usually called a "doctor" The etched roller then comes into contact with the cloth and the colour in the engraved lines is transferred to the cloth If the design requires six colours there will be six rollers at work, and so on up to twelve or fourteen colours at a single run through the printing machines The output of the machine is enormous, up to 20,000 yards of cloth in one colour and 10,000 yards in ten to twelve colours being printed in one working day (Fig 7)

## *Effect of hand printing*

Hand block printing, the oldest and simplest of the various methods of printing on fabric, is slow and costly Cylinder printing is preferable for designs where mechanical accuracy and delicacy of detail are involved, and when production costs have to be reduced to a minimum But block printing produces designs unsurpassed for their breadth of effect and decorative value Compared with the mechanical efficiency of a cylinder print, the rich colour obtained from a good block print reveals the beauty of individual workmanship over the sheer repetitiveness of mass production

When designs of fine outline and delicate detail are required for reproduction by block printing, coppered blocks may be used These blocks are hard pieces of wood, usually three-ply, and about 2 in thick, upon these blocks the design is built up in strips of copper or brass

This type of block is very useful for printing fine outlines, but gives a harder and more mechanical effect than that of the ordinary wood block There are other methods of cotton printing, but whichever method is used it is obvious that the skill of the printer is of first importance

## *Finishing processes*

Even when the cotton fabric has been bleached, dyed, or printed, it is not yet ready for sale in the market Cotton goods which have been subjected to one or more of these operations are put through "finishing" processes, calculated to increase their attractiveness, to add to their utility, or both Finishing is the final stage before the cloth reaches the consumer, unless it is to be made into garments, in which case it is despatched to the clothing factory

## *Cloth development*

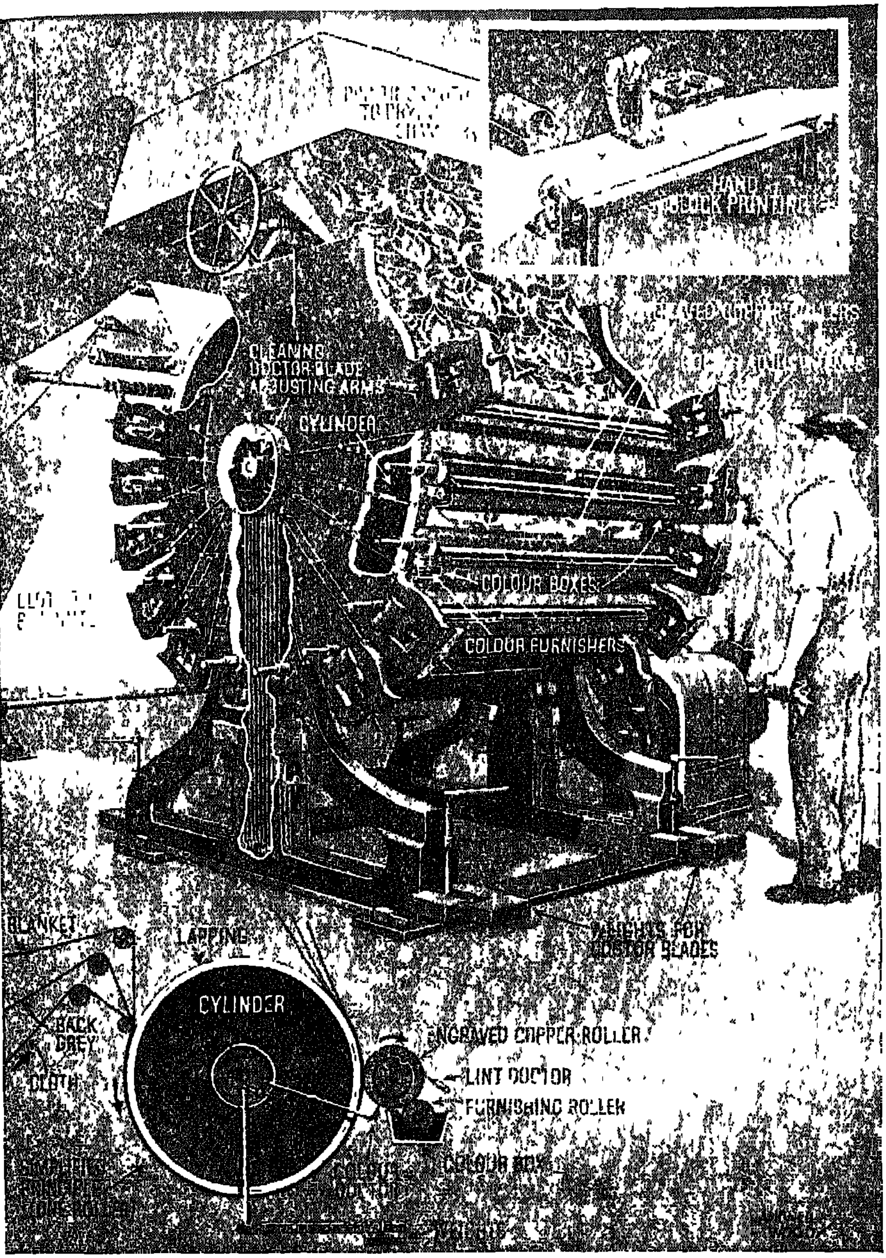
The cloth finisher obtains some wonderful effects by giving fabrics special characteristics as a result of modifying their feel and appearance Cloth-finishing has been described as the art of cloth development In some instances the work is slight and confined to washing, pressing, drying and smartening the product of the loom without substantially altering its main feature In other instances, the finisher's work is revolutionary in its results, and the finish gives the cloth a new and distinctive character After the bleaching, dyeing, and printing operations some cotton fabrics are limp and raggy, and methods are adopted to improve them Cotton cretonnes are usually given a good coating of starch, followed by drying, damping, and calendering Prints and shirtings are also improved to the touch by a starching process Flannelettes, winceyettes, and similar fabrics are finished with a soft fibrous surface in imitation of wool Some fabrics require little more than a mere scratching of the surface, others are given a thick nap almost equal in effect to that which we find on the softest wool flannels

To some cloths, a glaze or lustre is imparted by calendering Cotton sheetings, handkerchiefs, and table damasks are often given a beetled finish, that is, they are pounded with wooden beaters, a process which flattens the yarns and closes the spaces between the yarns of the woven fabric Then there is the anti-crease process which endows cotton fabrics with the resilience of wool

## *"Commission trades"*

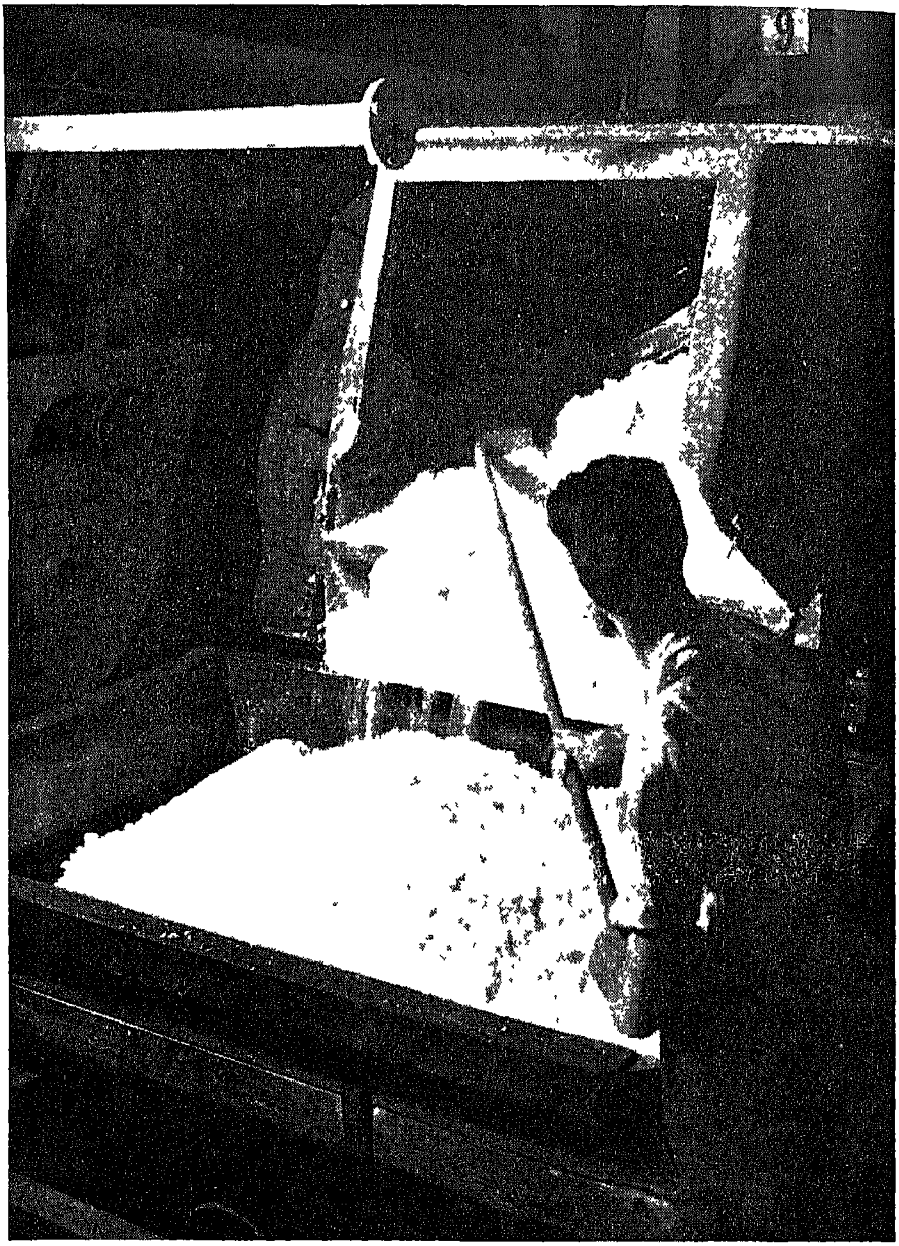
The finishing trades are known as "commission trades," alternatively they are said to work "on commission" This means that the cloth, or yarn, treated by the finishers does not become their property but remains the property of the merchant concerned, to whose detailed orders it is bleached, dyed, or printed, as the case may be, and to whose warehouse it is returned

When the manufactured cotton goods have been through the finishing processes they are sent to the shipping merchants for export, or to the home trade merchant for distribution in Britain Thus, after having been passed through many hundreds of processes, the cotton fibre is ready in the form of threads, lace, hosiery, woven goods, and garments, for the ultimate consumer Cotton is Lancashire's industry, and Lancashire's industry is one of Britain's greatest It has been built up by the skill, initiative, and ingenuity of Lancashire folk who think in terms of cotton and take a justifiable pride in their traditional trade.




HOW COTTON IS PRINTED

FIG 7 *Two methods of printing cloth—mechanically and by hand—are fully demonstrated in this drawing Though the newer method is infinitely the swifter and more productive, traditional hand-block printing produces effects of an individuality as yet unsurpassed in their particular sphere*



CRUMBS TO MAKE RAYON

*After mercerizing treatment in a bath of caustic soda, the alkali-cellulose is subjected to hydraulic pressure to squeeze out surplus moisture and is then ground into crumbs, which are seen in the above photograph being collected from a shredder preparatory to being stored and "ripened" for use in closed boxes under exactly controlled conditions of heat and moisture*

# ROMANCE OF RAYON CREATING NEW FABRICS

By ARNOLD HARD

*Rivalling the silkworm. How Rayon came into being. From wood pulp to dress length. "Crumbs and syrup." Ageing the viscose. Spinneret process explained. Washing and bleaching the cakes. Acetate and cuprammonium processes. Definition of technical terms. Fabrics from Rayon staple. Nylon—its possibilities.*

IT IS probably correct to say that every man, woman and child in every civilized country wears or uses something of rayon every day. Most dresses, lingerie, sportswear and women's slumberwear worn nowadays are made from it, as are furnishing fabrics, ribbons, smallwares and haberdashery goods.

It may be described by a trade name such as "Celanese," "Courtaulds," "Bemberg" or "Fibro," by a term like "Staple Fibre," or by a prefix "Spun" or "Art." If one sees a fabric described as "Art." one can assume it to be rayon. The "Art." is an abbreviation of "Artificial Silk" the name coined by its inventor, Sir Joseph Swan, of Edison Swan fame. It must be remembered that he did not carry out his experiments to produce a new textile but to give to the world electric lighting. His first rayon was nothing more than collodion, or gun cotton, made into a filament by being squirted through a hole. When it was rubbed it gave off little pops. However he soon found a way of denitrating it and rendering it non-explosive. He made filaments for electric light bulbs, but the ladies of his household crocheted up the former into very attractive doyleys (the first doyleys so made are preserved at South Kensington). Electric lighting was conceived and rayon was born.

To-day rayon is made finer than any silkworm can produce. It is also made stronger than cotton, as cool as linen or as warm as wool. A textile in its own right, it is neither an artificial anything nor a substitute for any natural filament or fibre.

What is this magic man-made thread which weaves richness and beauty into every kind of fabric?

### *Cellulose for Rayon*

There are several types but the majority are produced from cellulose. What is cellulose? It is the substance of all vegetable tissue. The smallest blade of grass and the greatest forest tree contain it. We eat it, wear it, make from it paper, films, nail varnish, dope for aeroplanes, "Cellophane," paint for cars and a whole range of moulded goods. Being a solid it has to be reduced to a liquid before rayon can be manufactured from it.

The best cellulose for rayon is obtained from the gleanings of the cotton fields and from the second ginning of the cotton-seed (whereby linters are produced) and from fir, beech and hemlock trees. ("Ginning" is the separation of the cotton seeds from the fibre, the "linters" being the covering left on the seeds of some varieties after removing the spinnable cotton.)

The trees are felled and cut into logs which are stacked to season. The logs are cut into lengths and all dirt and bark removed. Powerful chopping machines

reduce the lengths into discs of about one inch which in turn are broken into chips The chips are fed into digesters each holding from 10 to 40 tons, and are boiled under a pressure of about 80 lbs. in a liquor consisting of a solution of calcium bisulphite with an amount of free sulphur dioxide The boiling separates resins, gums and other impurities and leaves the chips looking like small white fibres After further washing, scouring and bleaching the pulp, as it now is, is spread out as a thin sheet on an endless wire cloth and water passed through it to make quite sure no impurities remain The wet pulp is pressed into a damp sheet between felt-covered rollers, and passed through a succession of other rollers and heated drying cylinders, finally emerging looking like coarse blotting paper It is then cut into convenient sized sheets and baled ready for shipment to rayon factories

### *Rayon-producing centres*

The chief rayon-producing centres in the United Kingdom are at Aintree, Bury, Coventry, Doncaster, Flint, Golbourne, Holywell, Jedburgh, Lancaster, Littleborough, Nelson, Preston, Spondon, and Wolverhampton In the ordinary way wood pulp is mainly used for viscose rayon, and cotton linters for acetate and for cuprammonium, but so much wood pulp is required for paper making and other purposes that the viscose rayon companies are using larger proportions of cotton linters

Rayon being produced by man to satisfy a recognized want and being man-made is under his complete control to mould as desired He can make it so strong that it is excellent for tyre fabrics, excellent for weaving sail cloth for racing yachts, or, on the other hand, so gossamer that it exceeds in fineness the most diaphanous eastern silk tissue It is made to be crease-resisting and with the characteristics of every natural textile.

Let us follow its manufacture step by step by going through a viscose rayon factory using wood pulp (This type of rayon got its name "viscose" from the fact that the wood pulp solution from which it is spun is a viscous mass, in appearance very like golden syrup )

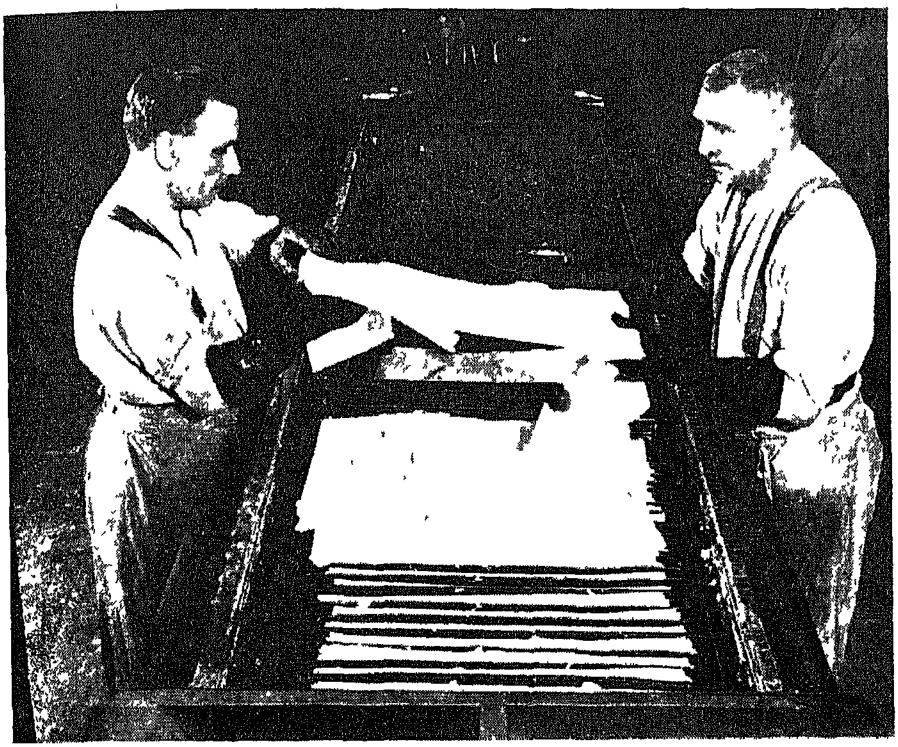
### *Wood pulp from Canada*

When the bales of wood pulp arrive from Canada or elsewhere they are placed in a room kept at a constant temperature to maintain an even standard of moisture in the pulp In rayon manufacture everything is controlled, nothing is left to chance (Fig 2).

Rayon manufacture starts when the sheets are cut up and given a good bath But they are not just put in a bath like a baby Oh no, all the little chips after again being weighed, are carefully packed into perforated steel cradles and lowered into the bath, which contains a solution of caustic soda The process is called mercerization after the chemist John Mercer, who studied the action of caustic soda on cotton thus inventing ways of improving cotton yarns and fabrics in look and strength The caustic soda dissolves everything not required while the remaining cellulose combines with it and forms alkali-cellulose (Fig 1)

### *From fir tree to syrup*

Taken from its bath the pulp is next subjected to very rough treatment. Huge hydraulic presses squeeze out surplus moisture and great dough mixers (much like bakers use) fitted with big spiral blades and serrated bars grind it into crumbs which look for all the world like bread crumbs The crumbs are ripened by being s[illegible] for a couple of d[illegible] closed boxes [illegible] tly co[illegible] *[illegible] use is subjected to* of [illegible] *and into crumbs, which are* p[illegible] *der preparatory to being stored and* c[illegible] *olled conditions of heat and moisture.*



FIRST STAGE IN RAYON MANUFACTURE

FIG 1 *Pressed sheets of wood pulp are seen being removed from the perforated steel cradles in which they have been lowered into a bath containing a solution of caustic soda This process removes all impurities, and the remaining cellulose combines with the caustic soda to form alkali-cellulose*

they turn yellow The alkali-cellulose has changed to sodium cellulose-xanthate (*xanthos* is Greek for "yellow") soluble in water The sodium cellulose-xanthate is put into mixers with water and weak caustic soda and churned until it becomes a "golden syrup" It has now become viscose.

The giant fir tree in its journey from forest to fabric has at last reached a half-way house at which in pioneer days, the viscose process was held up [illegible]

[illegible] the develop[illegible] man- South Kensington, [illegible] and conceived and rayon was [illegible] eir

To-day rayon is made finer [illegible] d silkworm can produce. It is also [illegible] time stopped at the halfway house because the "golden syrup," refusing to coagulate into a thread, dropped in tears from the nozzle through which it was squirted One day in disgust Topham walked out and left it. Next day he had another try and was surprised to find he could get short lengths of filament (Actually he had produced staple rayon without then realizing it ) He left the syrup (viscose) another twenty-four hours and when he "spun" it was delighted to discover that it came out in a strong endless thread which emitted a musical note when twanged He had discovered the secret of the "ageing" of viscose almost by accident After ageing, the viscose is meticulously

reduce the lengths into discs of about one inch which in turn are broken into chips The chips are fed into digesters each holding from 10 to 40 tons, and are boiled under a pressure of about 80 lbs in a liquor consisting of a solution of calcium bisulphite with an amount of free sulphur dioxide The boiling separates resins, gums and other impurities and leaves the chips looking like small white fibres After further washing, scouring and bleaching the pulp, as it now is, is spread out as a thin sheet on an endless wire cloth and water passed through it to make quite sure no impurities remain The wet pulp is pressed into a damp sheet between felt-covered rollers, and passed through a succession of other rollers and heated drying cylinders, finally emerging looking like coarse blotting paper It is then cut into convenient sized sheets and baled ready for shipment to rayon factories

## *Rayon-producing centres*

The chief rayon-producing centres in the United Kingdom are at Aintree, Bury, Coventry, Doncaster, Flint, Golbourne, Holywell, Jedburgh, Lancaster, Littleborough, Nelson, Preston, Spondon, and Wolverhampton In the ordinary way wood pulp is mainly used for viscose rayon, and cotton linters for acetate and for cuprammonium, but so much wood pulp is required for paper making and other purposes that the viscose rayon companies are using larger proportions of cotton linters

Rayon being produced by man to satisfy a recognized want and being man-made is under his complete control to mould as desired. He can make it so strong that it is excellent for tyre fabrics, excellent for weaving sail cloth for racing yachts, or, on the other hand, so gossamer that it exceeds in fineness the most diaphanous eastern silk tissue It is made to be crease-resisting and with the characteristics of every natural textile.

Let us follow its manufacture step by step by going through a viscose rayon factory using wood pulp (This type of rayon got its name "viscose" from the fact that the wood pulp solution from which it is spun is a viscous mass, in appearance very like golden syrup )

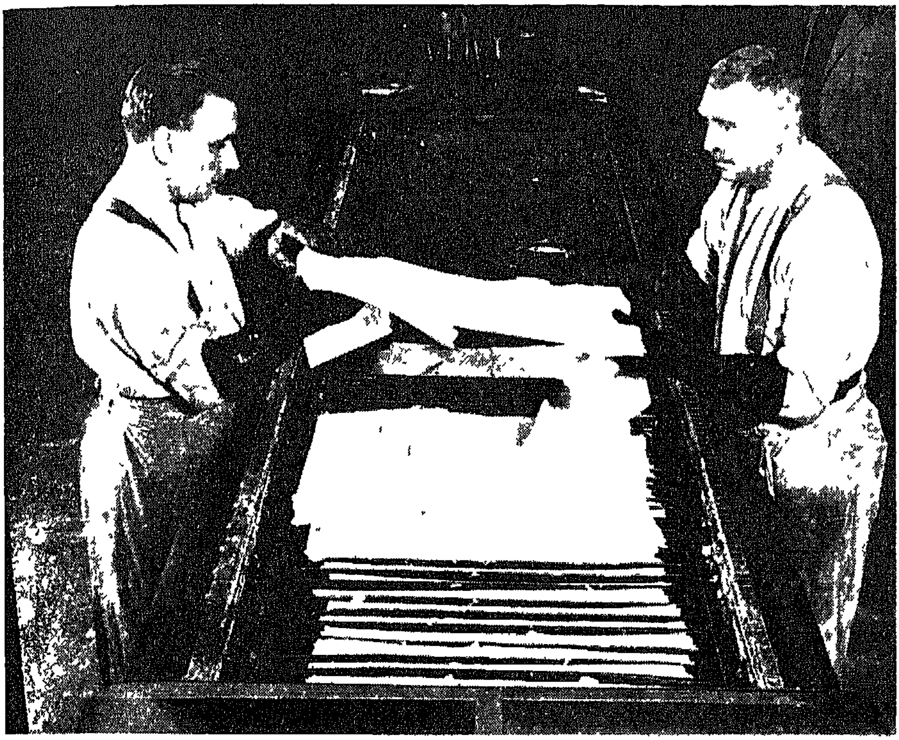
## *Wood pulp from Canada*

When the bales of wood pulp arrive from Canada or elsewhere they are placed in a room kept at a constant temperature to maintain an even standard of moisture in the pulp In rayon manufacture everything is controlled, nothing is left to chance (Fig. 2)

Rayon manufacture starts when the sheets are cut up and given a good bath But they are not just put in a bath like a baby Oh no, all the little chips after again being weighed, are carefully packed into perforated steel cradles and lowered into the bath, which contains a solution of caustic soda The process is called mercerization after the chemist John Mercer, who studied the action of caustic soda on cotton thus inventing ways of improving cotton yarns and fabrics in look and strength The caustic soda dissolves everything not required while the remaining cellulose combines with it and forms alkali-cellulose (Fig 1)

## *From fir tree to syrup*

Taken from its bath the pulp is next subjected to very rough treatment Huge hydraulic presses squeeze out surplus moisture and great dough mixers (much like bakers use) fitted with big spiral blades and serrated bars grind it into crumbs which look for all the world like bread crumbs The crumbs are ripened by being s[illegible] for a couple of d[illegible] in closed boxes stored i[illegible] tly co[illegible] of [illegible] under exac[illegible] ntrolled conditions p[illegible] heat and moisture Next they are [illegible]laced in churns with a measured quantity of carbon disulphide and churned until



FIRST STAGE IN RAYON MANUFACTURE

FIG 1. *Pressed sheets of wood pulp are seen being removed from the perforated steel cradles in which they have been lowered into a bath containing a solution of caustic soda This process removes all impurities, and the remaining cellulose combines with the caustic soda to form alkali-cellulose*

they turn yellow The alkali-cellulose has changed to sodium cellulose-xanthate (*xanthos* is Greek for "yellow") soluble in water The sodium cellulose-xanthate is put into mixers with water and weak caustic soda and churned until it becomes a "golden syrup" It has now become viscose.

The giant fir tree in its journey from forest to fabric has at last reached a halfway house at which in pioneer days, the viscose process was held up

Swan left the development of man-made textiles to his assistants, Stearn and Topham, who had a little works of their own at Kew. They tried and better tried to make rayon from viscose but every time stopped at the halfway house because the "golden syrup," refusing to coagulate into a thread, dropped in tears from the nozzle through which it was squirted One day in disgust Topham walked out and left it Next day he had another try and was surprised to find he could get short lengths of filament (Actually he had produced staple rayon without then realizing it.) He left the syrup (viscose) another twenty-four hours and when he "spun" it was delighted to discover that it came out in a strong endless thread which emitted a musical note when twanged He had discovered the secret of the "ageing" of viscose almost by accident. After ageing, the viscose is meticulously

reduce the lengths into discs of about one inch which in turn are broken into chips The chips are fed into digesters each holding from 10 to 40 tons, and are boiled under a pressure of about 80 lbs in a liquor consisting of a solution of calcium bisulphite with an amount of free sulphur dioxide The boiling separates resins, gums and other impurities and leaves the chips looking like small white fibres After further washing, scouring and bleaching the pulp, as it now is, is spread out as a thin sheet on an endless wire cloth and water passed through it to make quite sure no impurities remain The wet pulp is pressed into a damp sheet between felt-covered rollers, and passed through a succession of other rollers and heated drying cylinders, finally emerging looking like coarse blotting paper It is then cut into convenient sized sheets and baled ready for shipment to rayon factories

### *Rayon-producing centres*

The chief rayon-producing centres in the United Kingdom are at Aintree, Bury, Coventry, Doncaster, Flint, Golbourne, Holywell, Jedburgh, Lancaster, Littleborough, Nelson, Preston, Spondon, and Wolverhampton In the ordinary way wood pulp is mainly used for viscose rayon, and cotton linters for acetate and for cuprammonium, but so much wood pulp is required for paper making and other purposes that the viscose rayon companies are using larger proportions of cotton linters

Rayon being produced by man to satisfy a recognized want and being man-made is under his complete control to mould as desired He can make it so strong that it is excellent for tyre fabrics, excellent for weaving sail cloth for racing yachts, or, on the other hand, so gossamer that it exceeds in fineness the most diaphanous eastern silk tissue It is made to be crease-resisting and with the characteristics of every natural textile

Let us follow its manufacture step by step by going through a viscose rayon factory using wood pulp (This type of rayon got its name "viscose" from the fact that the wood pulp solution from which it is spun is a viscous mass, in appearance very like golden syrup )

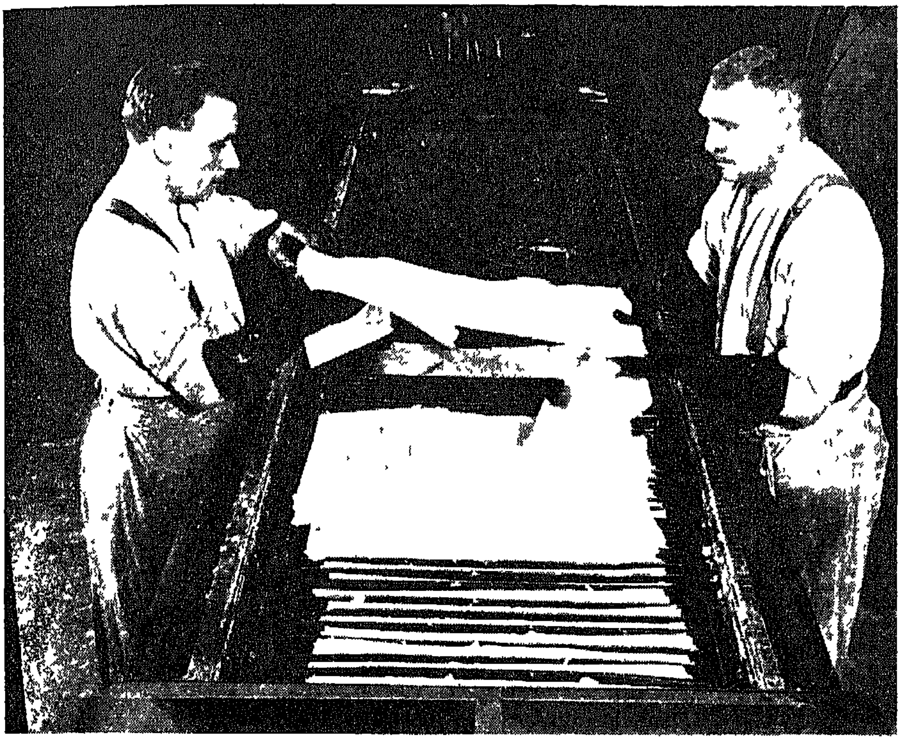
### *Wood pulp from Canada*

When the bales of wood pulp arrive from Canada or elsewhere they are placed in a room kept at a constant temperature to maintain an even standard of moisture in the pulp In rayon manufacture everything is controlled, nothing is left to chance (Fig 2)

Rayon manufacture starts when the sheets are cut up and given a good bath But they are not just put in a bath like a baby Oh no, all the little chips after again being weighed, are carefully packed into perforated steel cradles and lowered into the bath, which contains a solution of caustic soda The process is called mercerization after the chemist John Mercer, who studied the action of caustic soda on cotton thus inventing ways of improving cotton yarns and fabrics in look and strength The caustic soda dissolves everything not required while the remaining cellulose combines with it and forms alkali-cellulose (Fig 1)

### *From fir tree to syrup*

Taken from its bath the pulp is next subjected to very rough treatment Huge hydraulic presses squeeze out surplus moisture and great dough mixers (much like bakers use) fitted with big spiral blades and serrated bars grind it into crumbs which look for all the world like bread crumbs The crumbs are ripened by being stored for a couple of days in closed boxes under exactly controlled conditions of heat and moisture Next they are placed in churns with a measured quantity of carbon disulphide and churned until



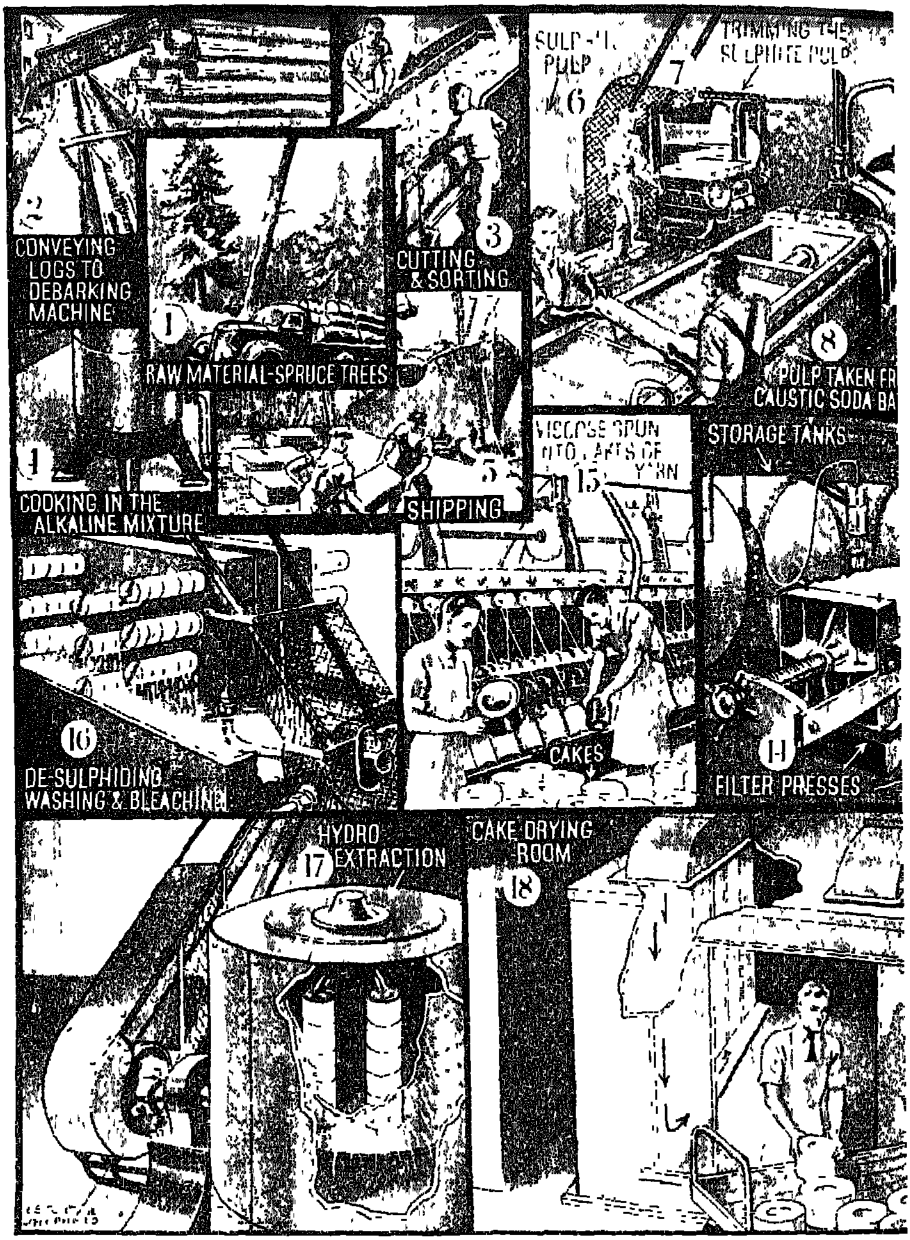
FIRST STAGE IN RAYON MANUFACTURE

FIG. 1. *Pressed sheets of wood pulp are seen being removed from the perforated steel cradles in which they have been lowered into a bath containing a solution of caustic soda This process removes all impurities, and the remaining cellulose combines with the caustic soda to form alkali-cellulose*

they turn yellow The alkali-cellulose has changed to sodium cellulose-xanthate (*xanthos* is Greek for "yellow") soluble in water The sodium cellulose-xanthate is put into mixers with water and weak caustic soda and churned until it becomes a "golden syrup." It has now become viscose

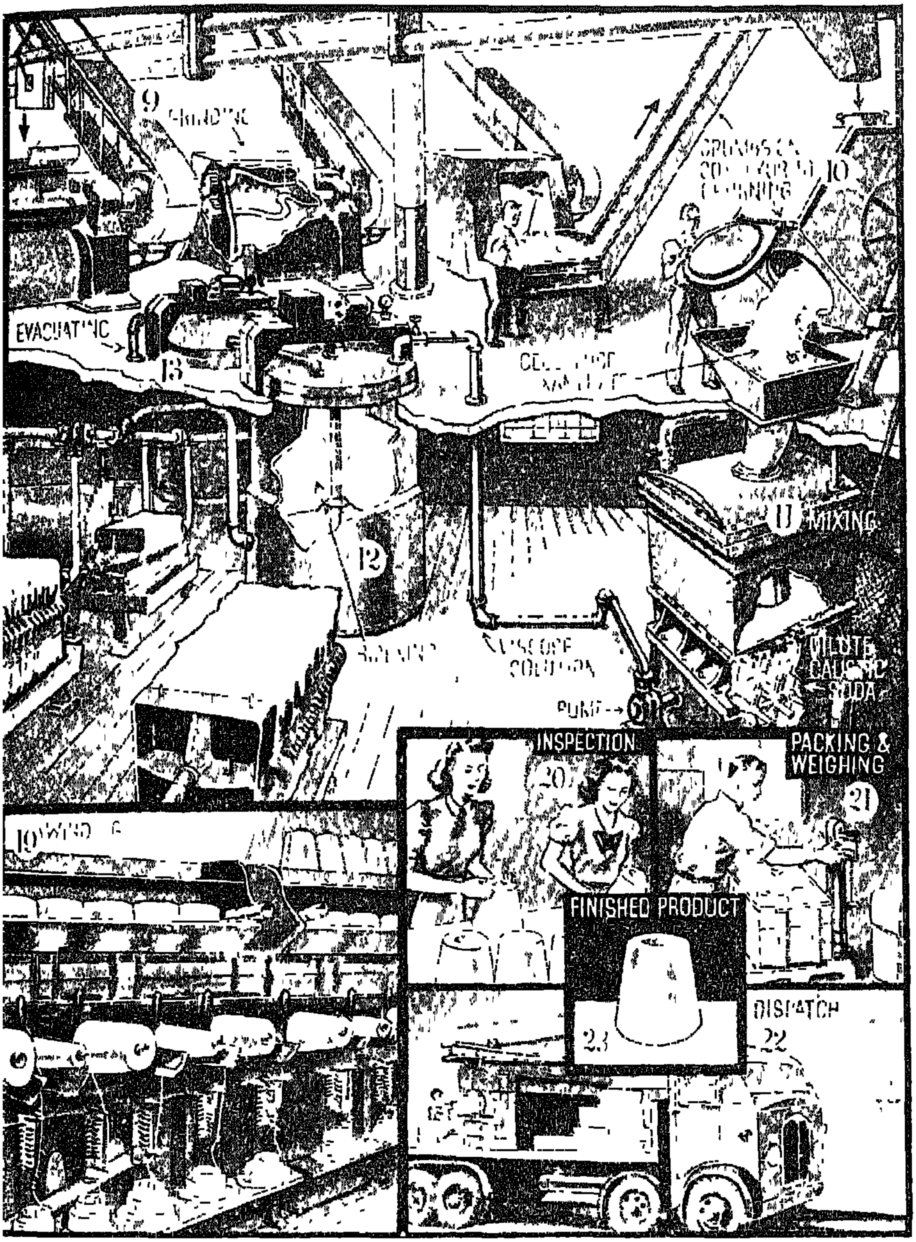
The giant fir tree in its journey from forest to fabric has at last reached a half-way house at which in pioneer days, the viscose process was held up

Swan left the development of man-made textiles to his assistants, Stearn and Topham, who had a little works of their own at Kew They tried and better tried to make rayon from viscose but every time stopped at the halfway house because the "golden syrup," refusing to coagulate into a thread, dropped in tears from the nozzle through which it was squirted One day in disgust Topham walked out and left it. Next day he had another try and was surprised to find he could get short lengths of filament (Actually he had produced staple rayon without then realizing it ) He left the syrup (viscose) another twenty-four hours and when he "spun" it was delighted to discover that it came out in a strong endless thread which emitted a musical note when twanged He had discovered the secret of the "ageing" of viscose almost by accident After ageing, the viscose is meticulously




FROM CELLULOSE TO RAYON

FIG 2. *Among the most ingenious processes invented by man is the transformation of cellulose into a material that has so many practical uses Main stages are shown in the above drawing, from the primary forestry work and preparation of wood pulp to loading of the finished rayon cones*




SEQUENCE OF PROCESSES

*It will be seen how each process is meticulously regulated Great care has to be taken to prevent air bubbles or dirt specks forming in the viscose, which is repeatedly passed through cloth filters and subjected to treatment by vacuum pumps before spinning into many types of beautiful fabric*

freed from any foreign substance by being repeatedly passed through filter cloths Vacuum pumps extract any air or gas which may have got into it, for even the tiniest speck of dirt or dust or the smallest bubble of air would interfere with the amazing process which follows

### *How the spinneret works*

The silkworm produces filaments by forcing a solution through minute holes in its body Rayon is produced by forcing a solution through minute holes in a spinneret: a little cap the size of a thimble, and resembling a miniature silk hat Spinnerets are usually made of a platinum-gold alloy and the number of holes in them decides the number of filaments in the yarn The yardage per lb of the yarn is described as so many denier What is a denier? It is an old weight. 33 33 = 1 dram A length of 520 yards is weighed in deniers to determine the count (or size) of the yarn. If 520 yards weigh 90 denier and there were 50 holes in the spinneret the yarn is known as 90 denier, 50 fils But to resume

The viscose is pumped through the spinneret—in much the same way as water comes out of the rose of a watering can—into an acid bath which coagulates the filaments (Fig 3) Each viscose spinning machine has a large number of spinnerets in a row and as the fibres come from them they are drawn over a glass wheel and dropped down by a glass funnel into a rapidly revolving pot They are thrown against the sides of the pot and wound into a form exactly resembling a cake with the middle scooped out The diameter and speed of the pot in ratio to the delivery rate of the glass wheel determine the amount of twist given to the yarn Pot spinning is the oldest method of rayon producing and although many other methods have been introduced it has held its own for sixty years Legh S Powell employed it first in 1884 His pot was a straight jar such as sweets were sold in Charles Fred Topham, who worked with him, made an improvement by using the treadle part of a sewing machine to cause the pot to revolve rapidly Sometime back, Mr Powell sent a letter to the present writer, which gives an interesting sidelight on the history of our subject. It contains this remarkable sentence. "The other day I was kindly invited to visit the —— Lamp works . Accompanied by my daughter (I, after lapse of many a long year, she for the first time) saw the glossy ever-lengthening thread slowly descending the tall cylindrical jar and coiling up It is a fact that away back in the eighties the Company erected the building and my process has been carried on in it ever since "

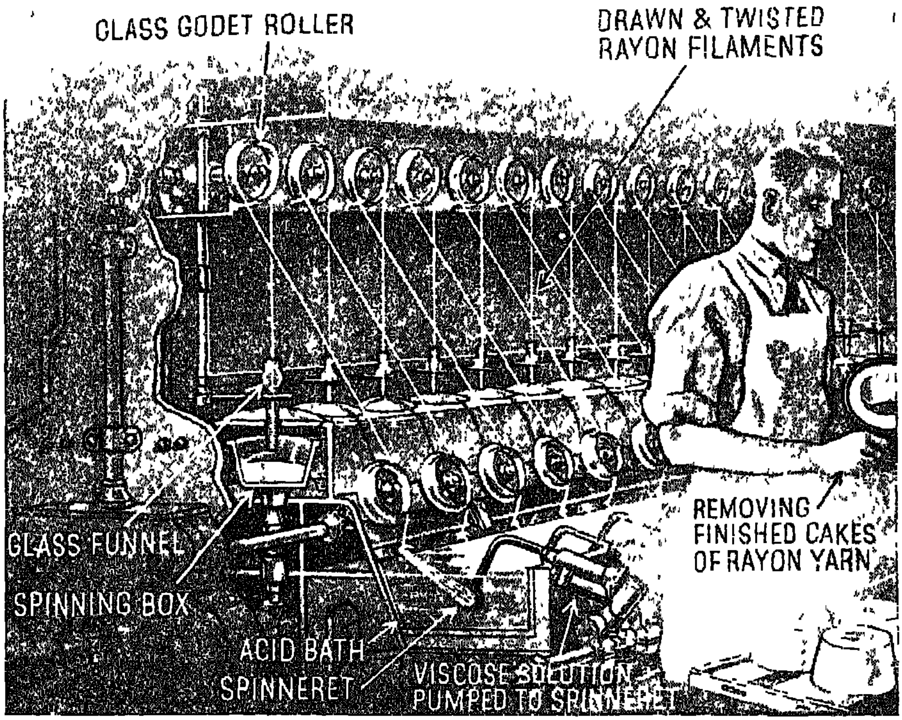
The "cakes" of rayon are taken from the pots, washed with sodium sulphide, sprayed and bleached They are then wrapped in stockinet, in the same way as New Zealand lamb, and are dyed under pressure. An older method, still largely employed, is to unwind the filaments from the "cakes," re-wind them into hanks and dye the hanks The extreme care taken in washing and bleaching preserves the whiteness so that yarn can be dyed in the most delicate shades (Figs 4 and 5)

For weaving the dyed rayon is wound on to beams for the warp threads and on to pirns (which go in the shuttles) for the weft threads For hosiery or circular knitting it is wound on to large cones

In the acetate process, the solution is forced through the spinnerets and down tubes up which warm air travels and sets the filaments The setting of the filaments by air is actually the silkworm's method.

### *Cuprammonium process*

In the cuprammonium process the cellulose is dissolved by the use of an ammoniacal copper solution The cuprammonium process was first used in London by Arnold Spiller. In a letter to




SECRET OF THE SPINNERET

FIG. 3 *Viscose solution is pumped through the spinneret into an acid bath This coagulates the filaments which are drawn over a glass roller and dropped by a glass funnel into a spinning box where the cake of rayon yarn is formed Next, the yarn is washed, bleached and dyed for weaving*

the writer, Mr Spiller gives some interesting details

"It was in 1885 that I produced filaments by the cuprammonium process but I do not claim any great credit for this, my contribution to the development of rayon Years before, John Mercer had dissolved cellulose in cuprammonium, recovering it with acid, and so when I made my little experiment it was thoroughly well known that cuprammonium was a solvent for cellulose, and I was always surprised that neither Swan nor Powell had tried it for their filaments Powell had constructed apparatus which made filaments wound up into a sort of ball and all I did was to feed his apparatus with cellulose dissolved in a solution of cuprammonium instead of zinc chloride At the time I was chemist in the —— Company's incandescent lamp department, of which Mr Powell was superintendent. I made my experiment as a matter of interest to see if an aqueous cuprammonium solution would produce bettei filaments than chloride of zinc, but as it did not, we did not do anything more with it It must be remembered that we were making filaments for electric lamps, not for fabrics, otherwise we might have realized the possibilities of the bright, soft filaments we got It certainly never occurred to us



HOW RAYON IS REELED

FIG 4 *Cakes of rayon from the spinning machines undergo many processes before the yarn is fit for weaving or knitting First, the rayon goes to conditioning cabinets, where it is toughened and hardened, and then the cakes are unwound Above is seen how the cakes are reeled to form hanks*

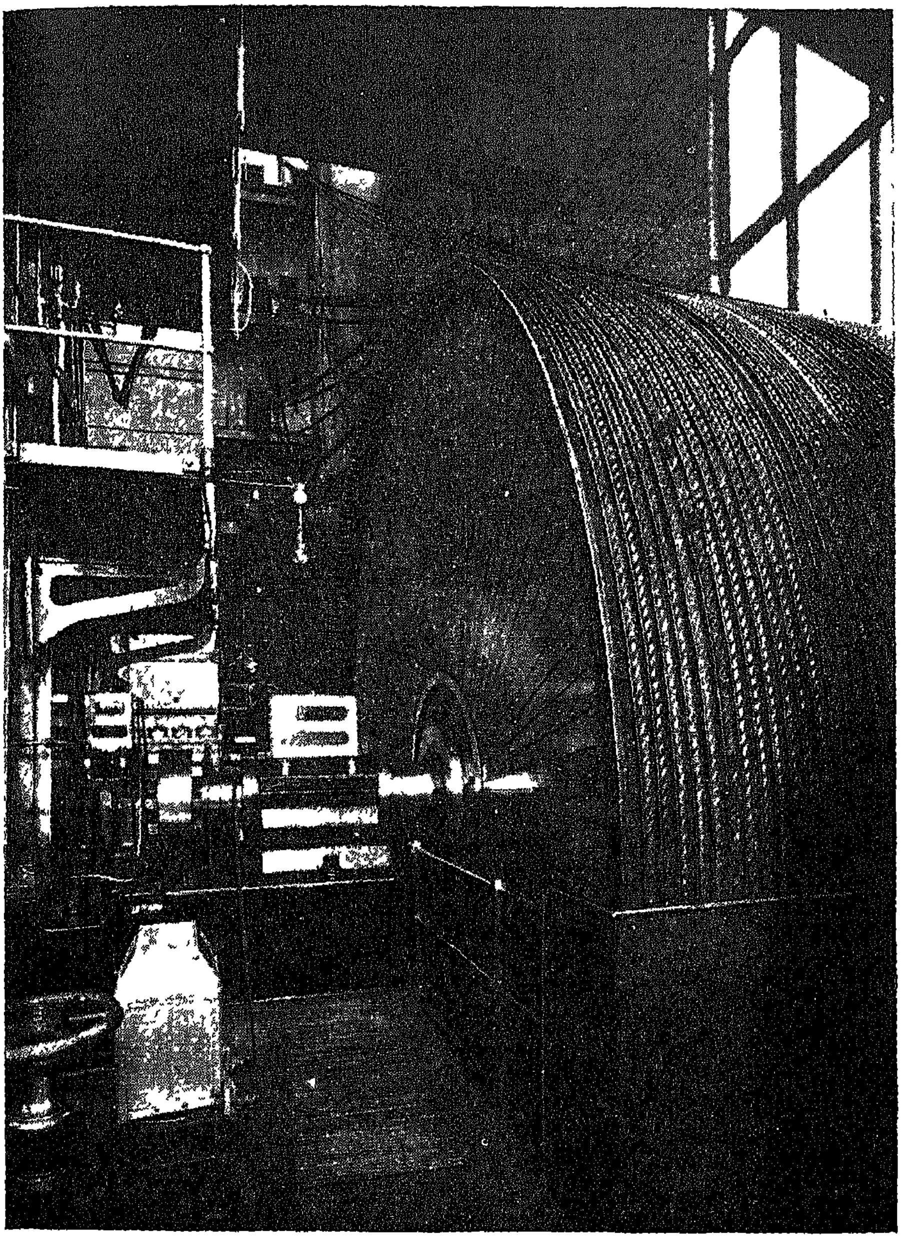
that in a few years some of the loveliest fabrics in the world and some of the most delightful knitted wear would be made from yarn produced by the process which I started so unpretentiously "

We have followed the production of continuous filament rayon from the pine forests or cotton fields to the stage where it is a yarn ready for weaving or knitting Before dealing with other types it is advisable to understand exactly what they are In official terminology, Rayon is "all yarn and fibres not of natural growth which are used for textile purposes " Similarly Rayon Yarn is defined as continuous filament rayon yarn, Rayon Fabrics, as fabrics made from rayon yarn, Rayon Waste, as waste from rayon yarn, and Rayon Staple, as rayon staple fibre Again, Spun Rayon yarn is yarn spun from Rayon Staple, Spun Rayon Fabrics, as fabrics made from Spun Rayon Staple, Spun Rayon Waste, as waste coming from Rayon Staple and also from Spun Rayon Yarns

Staples, the fibres from which thread is made, have ever brought Britain prosperity First staple wool, then staple cotton and now staple rayon have proved great commercial successes

## *Rayon Staple*

Rayon Staple, which is filament rayon cut into short lengths, can be spun exactly the same as wool and cotton and cut to their staple lengths Its manufacture is similar to that of continuous rayon up to the point where the filaments are coagulated In the case of staple rayon a large number of filaments are gathered



IN A RAYON SPINNING MILL

*Here, in a staple fibre spinning mill, is seen the great rope drawing wheel and rope race that provide motive power for the machines used in successive stages of the manufacture of rayon material. Again, the enormous size of the installation, which is carefully guarded by a system of hand-rails, testifies to the "Majesty of the Machines" in our industries.*

together in the form of a rope and cut to the required length of staple

*New Fabrics from Rayon*

Many new fabrics are being produced from rayon staple which could not be made with natural textiles Mixed with cotton, wool or silk, an almost limitless range of fabrics for clothes and furnishings is being woven The manufacturer who caters for overseas markets, with their infinitely varied demands owing to vastly differing climates, has found that rayon staple adapts itself to fabrics of all weights, masterpieces of the finisher's skill are the rayon staple tweeds which bear the closest resemblance to woollen textures but which are light enough to find a ready sale in the tropics

Spun "Fibro" on the other hand, is an article which can stand any amount of rough usage, it can be dyed faster with colours than wool fabrics, it can be boiled and rubbed; felting does not take place, nor does shrinkage It is also mothproof

*Outstanding qualities*

Rayon staple garments have quite outstanding draping qualities due to a great extent to the added weight and life put into them in finishing They keep their freshness much longer; so one naturally asks the reason why? Rayon has a strong affinity for the dust particles in the atmosphere It is exactly the same as can be illustrated by rubbing a piece of vulcanite, say, on fabric and bringing it close to a small piece of paper, or by the magnet drawing the steel needle to it, but the resin used in finishing the fabric has a strong resistant property and negatives that affinity.

Rayon staple, in spinning into yarn, has many advantages over natural textiles It comes to the mill absolutely clean It does not have to be scoured or bleached. It does not have to be sorted because all the fibres are of standard length The usual cloud of cotton dust which hangs like a pall in mills where cotton is being combed, carded and spun, is entirely absent when rayon staple is being used

As rayon staple can be cut to any length of staple it can be used for many purposes for which natural yarns are unsuitable. It is mixed with hairs such as goat hair to facilitate spinning. Casein rayon staple, being somewhat plastic when mixed with wool, gives a fabric which retains its pleats far better than does a fabric woven entirely of wool

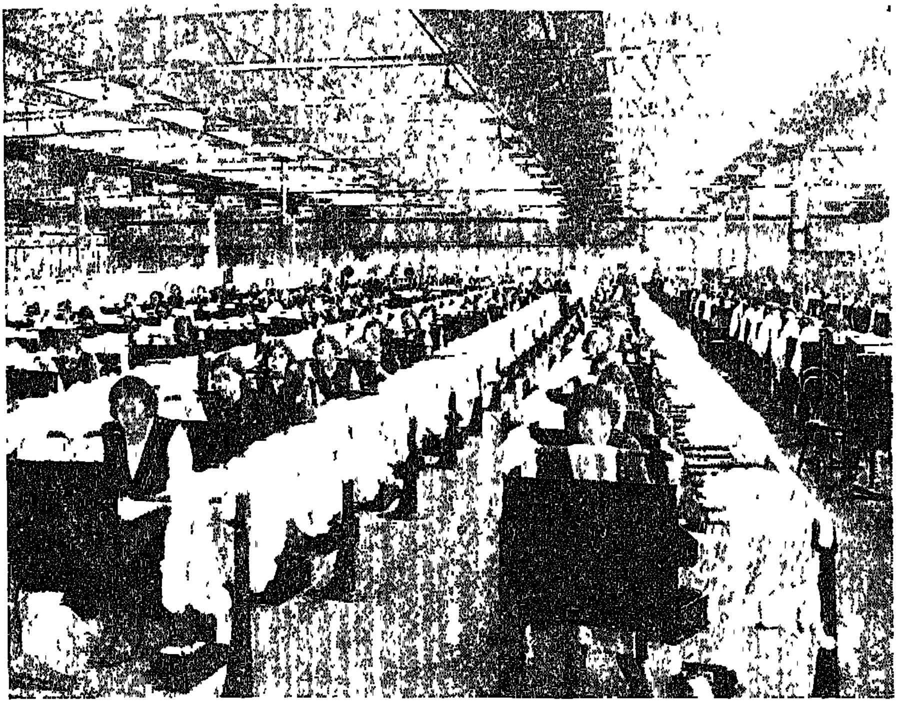
Rayon is young as an industry, yet despite its youth it has developed to an extent quite unforeseen by its early pioneers But if, in one sense, it has "grown out of all knowledge," it is far from having reached its limit of utility and expansion in a modern world

*How Nylon is made*

Nylon is quite different from rayon produced from cellulose as its base comes from gas works and ammonia plant

The essential starting materials are phenol (carbolic acid) and ammonia, which are converted in the chemical factory into the two products adipic acid and hexamethylenediamine. These are delivered to the rayon factory in the form of a "salt"

The first stage of production is the concentration of the salt and its conversion into a rough resinous substance. This conversion is carried out in a heated pressure vessel—such as an autoclave The material is melted, and afterwards spun and drawn The removal of the material from the autoclave is a fairly complicated business, because it is viscous and approximately between only 10 and 20 deg C above solidification temperature, and this rules out the possibility of taking it to the spinning machines through a piping system In one process the stuff is made to emerge from the autoclave in the form of a ribbon. This ribbon is taken over a



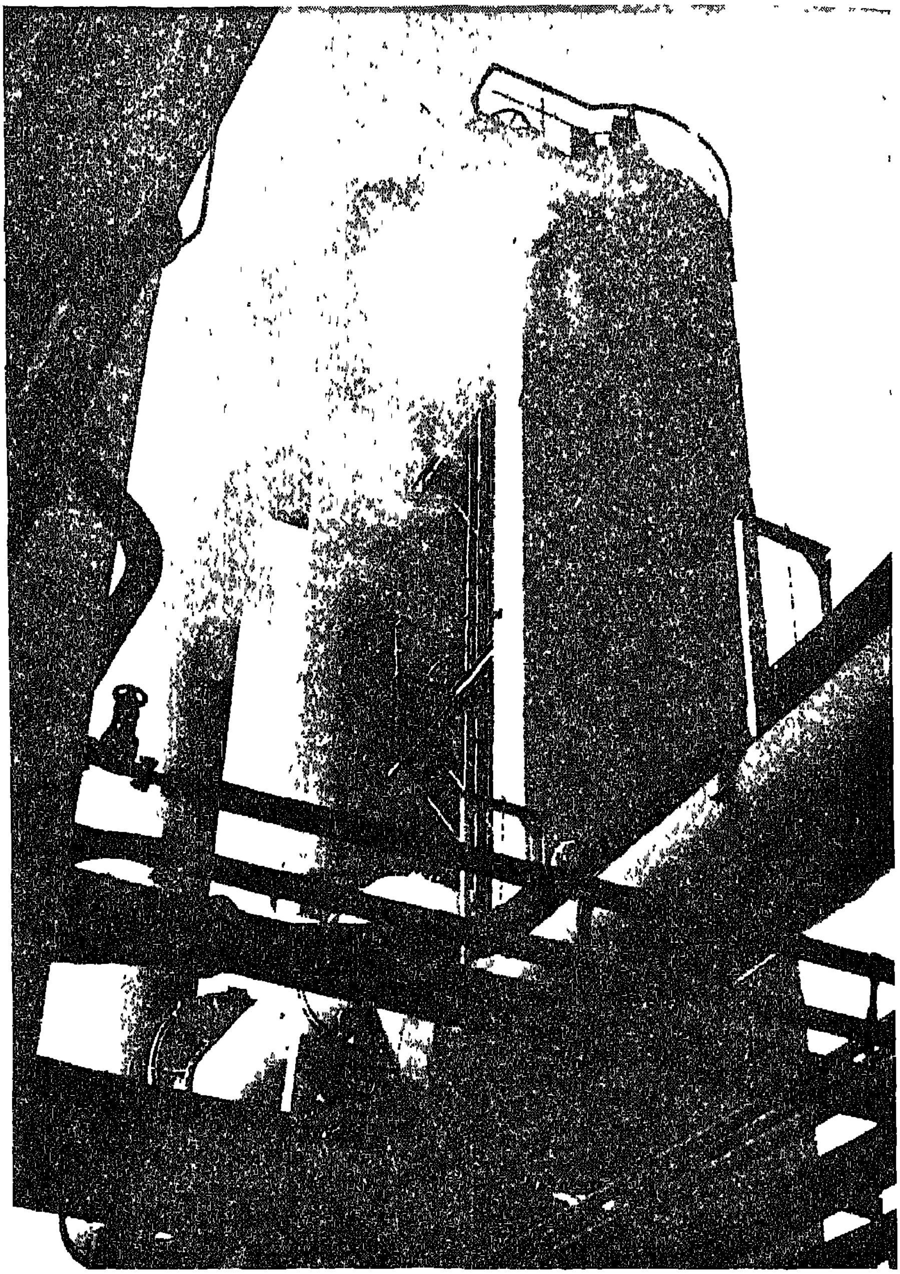
SORTING AND GRADING RAYON STAPLE

FIG 5 *After they have been bleached and dried the hanks of rayon are sorted and graded by women workers into qualities, as is seen in the above photograph The shaft in the roof is part of the air-conditioning plant, which ensures the requisite amount of humidity*

cooling drum, and as it passes round the drum is sprayed with water Alternatively, the ribbon may be taken through a trough of cooling water Anyway, after being cooled the ribbon proceeds to a dryer Later, the material is punched out into little pieces, and then melted in a heated chamber in which there is a coil or grid The flakes melt when they come into contact with the grid The next item is spinning In one process the material leaves the heated chamber in the form of a liquid thread which is passed through a cooling chamber After this the thread goes through a cell into which a wisp of steam is fed Directly afterwards it comes into contact with a finish-applying roller, and then proceeds to feed-rollers and bobbins. As may be expected, the draining and air venting of the steam equipment used in the processes have an important bearing on efficient manufacture and is carefully supervised

## *Uses of Nylon*

The uses to which nylon can be put are multitudinous. It is immensely strong. For instance, the tow rope of the first Atlantic glider train from Canada to England is a nylon rope only one inch in diameter But this is not all, and apart from fabrics for clothing, threads for stockings, bristles for brushes, grades for mixing with wool and silk, all of which are in use to-day, further experiments will carry the product into other fields.



MAJESTY OF MODERN INDUSTRY

*In this exterior view of benzole scrubbers is powerfully symbolized the might and majesty of modern industry It is in such scrubbers that gas is washed and debenzolized, the benzole being recovered and refined to make motor spirit In such wise are valuable by-products rescued.*

# POWER AND HEAT FOR HOME AND FACTORY

By GRAHAM R BAMBER, B Sc (Hons ), A M I Mech E

*From coal to electricity and gas. The first step—coal analysis How electricity is produced Majesty of the machines "Cathedral-like calm" of mighty founts of energy From control to operative—men on the job Gas—how it is made and cleaned. Retorts and their function Valuable by-products A gasworks to-day.*

WHEN Mrs Smith lights the gas stove to cook the breakfast, Mr Smith stokes up the kitchen boiler, and Master Smith turns on the news, the Smith family are probably much too preoccupied to bother their heads about the long chain of human labour that has made these simple tasks possible Probably, too, when Mr Smith arrives at the factory for his day's work, he pays little heed to the lighting, the building heating, the power to drive the machines, the gas for the furnaces, the steam for the boiling vats, or any of the essential services of a modern factory It is all so easily taken for granted, and the only time when Mr Smith is likely to display any interest in these matters—unless they happen to be part of his job—is when he is worried by a temporary "failure" of any of these services

So let us go back to the beginning In a sense, it is a black beginning, for Britain's power and heat are founded on one invaluable commodity—coal Oil, the rival fuel, has, of course, the monopoly of road transport, but coal remains the foundation of Britain's power and heat

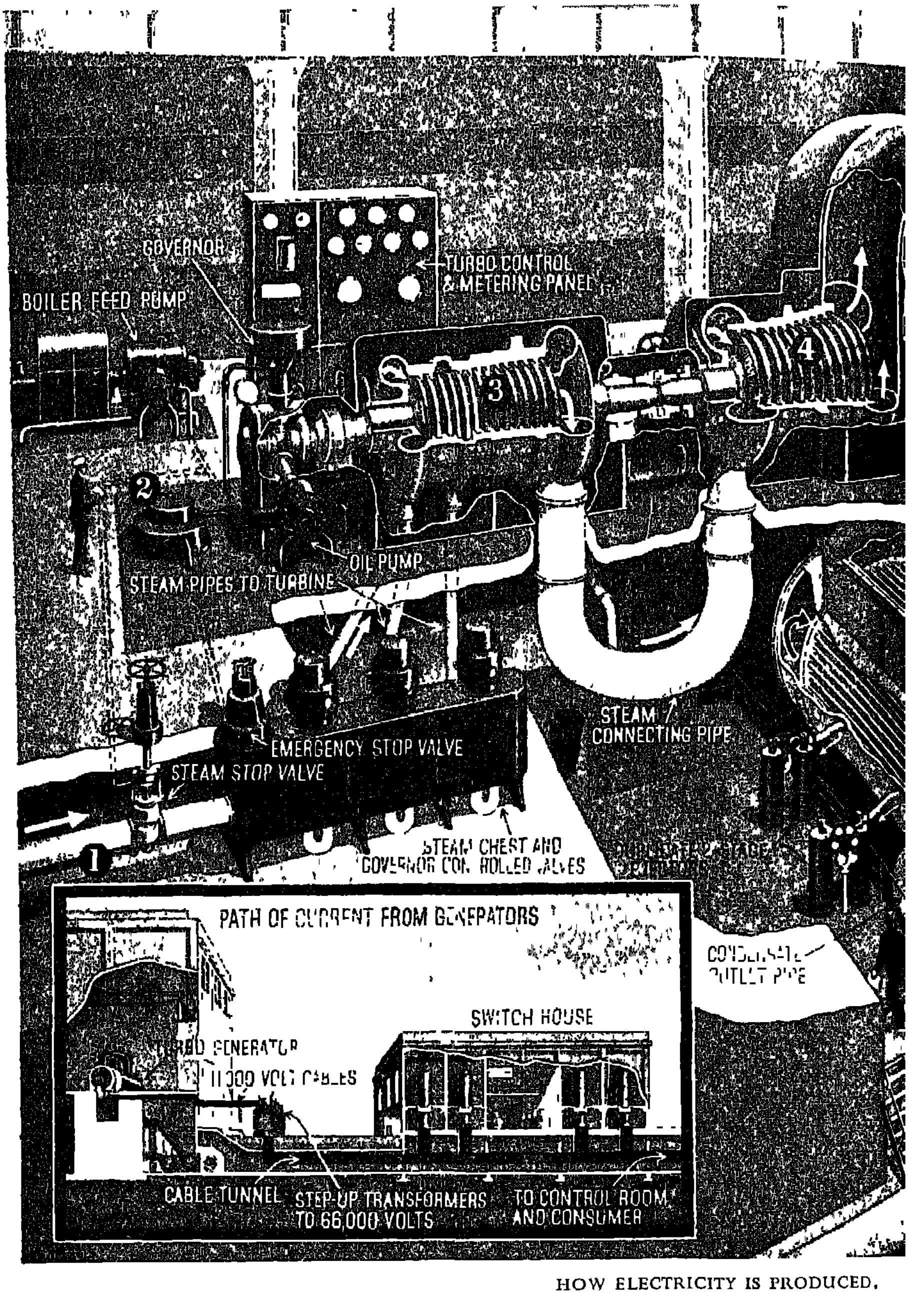
The first thing that we discover is that there is coal *and* coal, so visiting a large electric power station, we cannot do better than ask the chief chemist about this question of coal analysis

"The chief trouble," says he, "is to get a really representative sample to analyse. You know, Mr Smith, how much coal varies, even in a single delivery "

He takes us to the coal wharf A coal barge is lying alongside, and a grab crane is transferring its contents to a large hopper From the hopper the coal falls to an elevator by which it is taken to the top of the boiler house, where it is discharged to a row of bunkers located just beneath the roof and forming the entire ceiling of the boiler house At the foot of the receiving hopper, a scoopful of coal is taken every few minutes and put in a bin. When about a hundredweight has been collected, it is put through a crushing machine and broken into pieces about a ¼ inch in size It is then mixed evenly together, subdivided, and about 10 lb. of it taken out These are dried, ground to a powder, mixed, subdivided, and about 4 oz taken out from which samples are removed for analysis

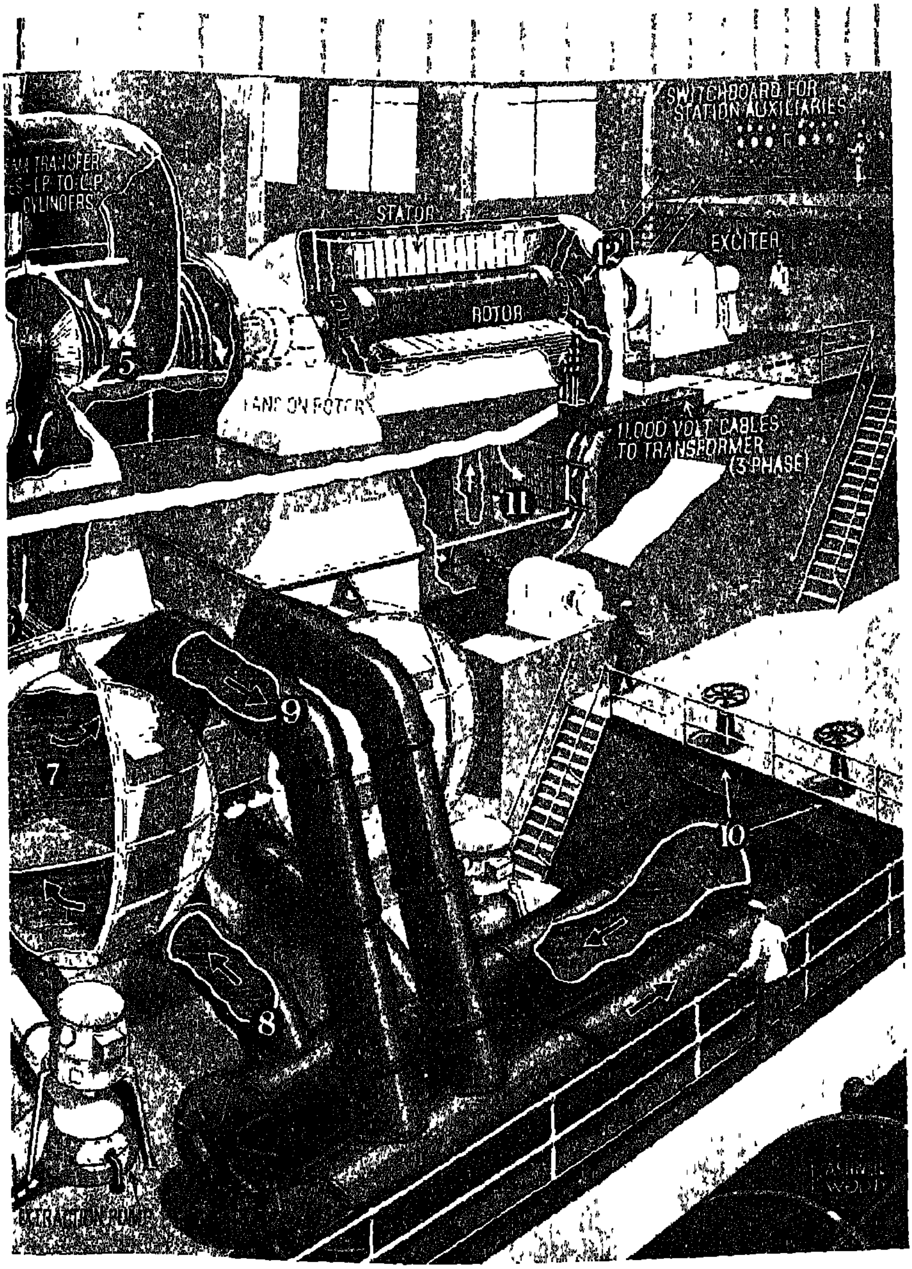
### *3,000,000 units daily*

The boiler house superintendent tells us that the power station burns about 1,400 tons of coal in a day "We are carrying a load of about 130,000 kilowatts at the moment, and we turn out about 3,000,000 units a day " We enter the boiler house and, except for a low rumble of machinery, we find the peace of a cathedral




HOW ELECTRICITY IS PRODUCED.

FIG. 1, *above, shows a typical turbine house, where electricity is generated by steam turbines. Key to numbers 1, superheated steam pipe from boilers, 2, main valve governor, 3, high-pressure impulse cylinder, 4, intermediate impulse cylinder, 5, double-flow low pressure cylinder*




100,000 KILOWATT TURBO-ALTERNATOR

*Continuing, we have 6, steam passing over the water tubes of the condensers; 7, water circulating through the condensers, 8, circulating water inlet pipe, 9, circulating water outlet pipe; 10, water control valves, 11, closed circuit air cooling system for generator, 12, slip rings.*

Apart from a comfortable warmth there is little to indicate the presence of several colossal fires, but when our guide draws back a small flap in the side of one of the boiler casings we behold an inferno The grate is mechanical and is slowly carrying the fire to the back of the furnace As this happens, fresh coal falls on to the grate from the hopper in front of the boiler, and ash falls over the back of the grate to an ash hopper in the basement The coal supply is varied by altering the speed of the grate Air is supplied by powerful fans.

*Running the boilers*

Here and there a man is standing quietly, glancing now and then at the large instrument boards one of which is placed near each of the boilers under his care A fireman explains that his first duty is to see that his boilers supply just the right amount of steam however the load on the station varies A pressure gauge has to be kept at the required pressure and a steam meter shows how much steam the boiler is producing Some modern boiler plants are controlled automatically, and this relieves the fireman to attend more fully to his supervisory duties Then again must coal be burnt economically, and instruments check combustion

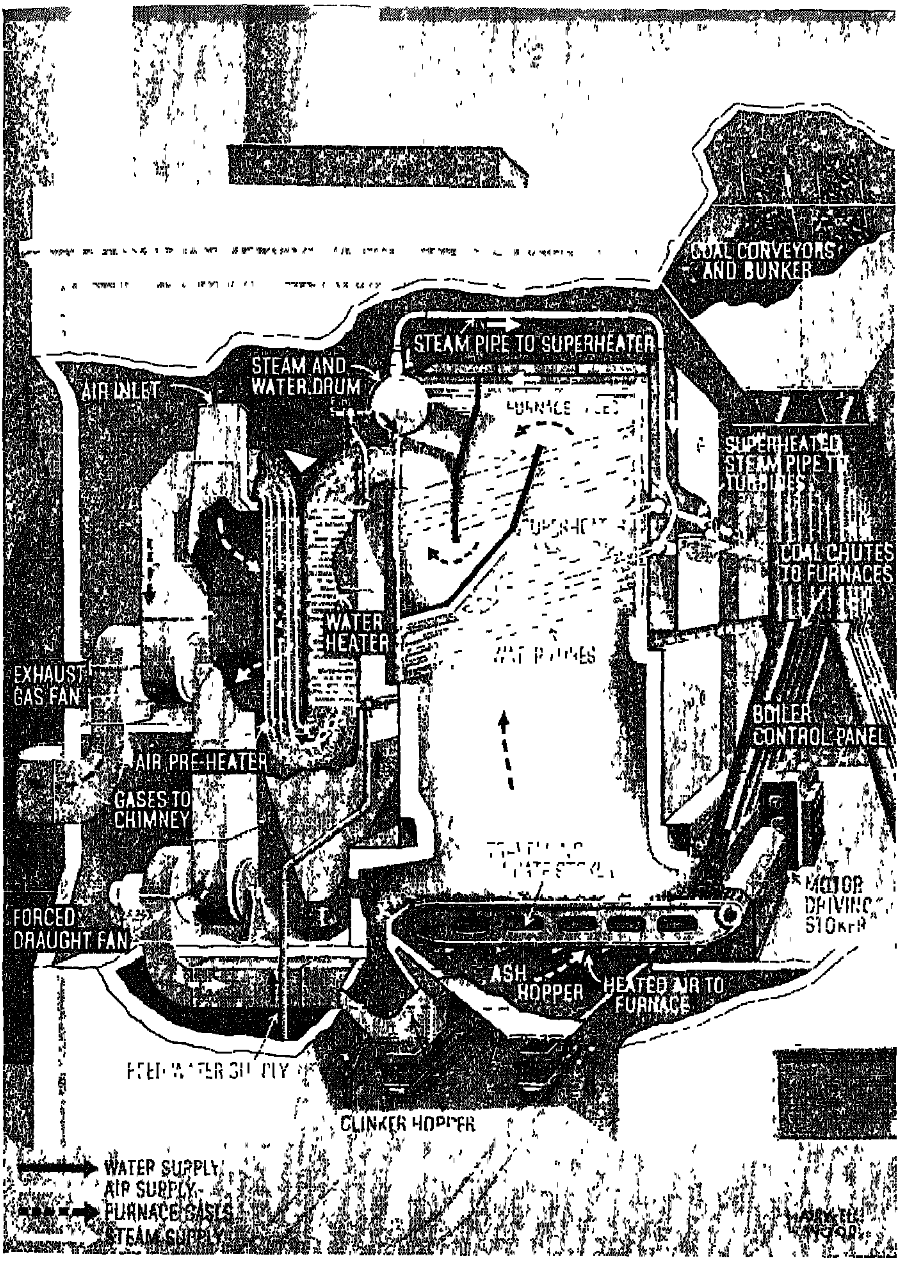
Instructions on that point come from the combustion engineer who studies the coal analyses given him by the chemist

How long is a boiler allowed to run? "We usually take each boiler off the line every three months for sooting and give it a complete overhaul every twelve months To put a boiler back into service we like to take about twelve hours to avoid temperature strains, although we can bring it up much quicker if we are in a hurry Some power stations fire their boilers by pulverized fuel, and they can get a boiler on the line in four hours if need be "

"Now we'll get hold of the station superintendent," resumes our guide "He's the chief, of course " The station superintendent rings up for the shift engineer to conduct us on our tour "The shift engineer," he explains, "is in charge of the actual running of the station during his shift, and you may find him anywhere, from the coal wharf to the switch house "

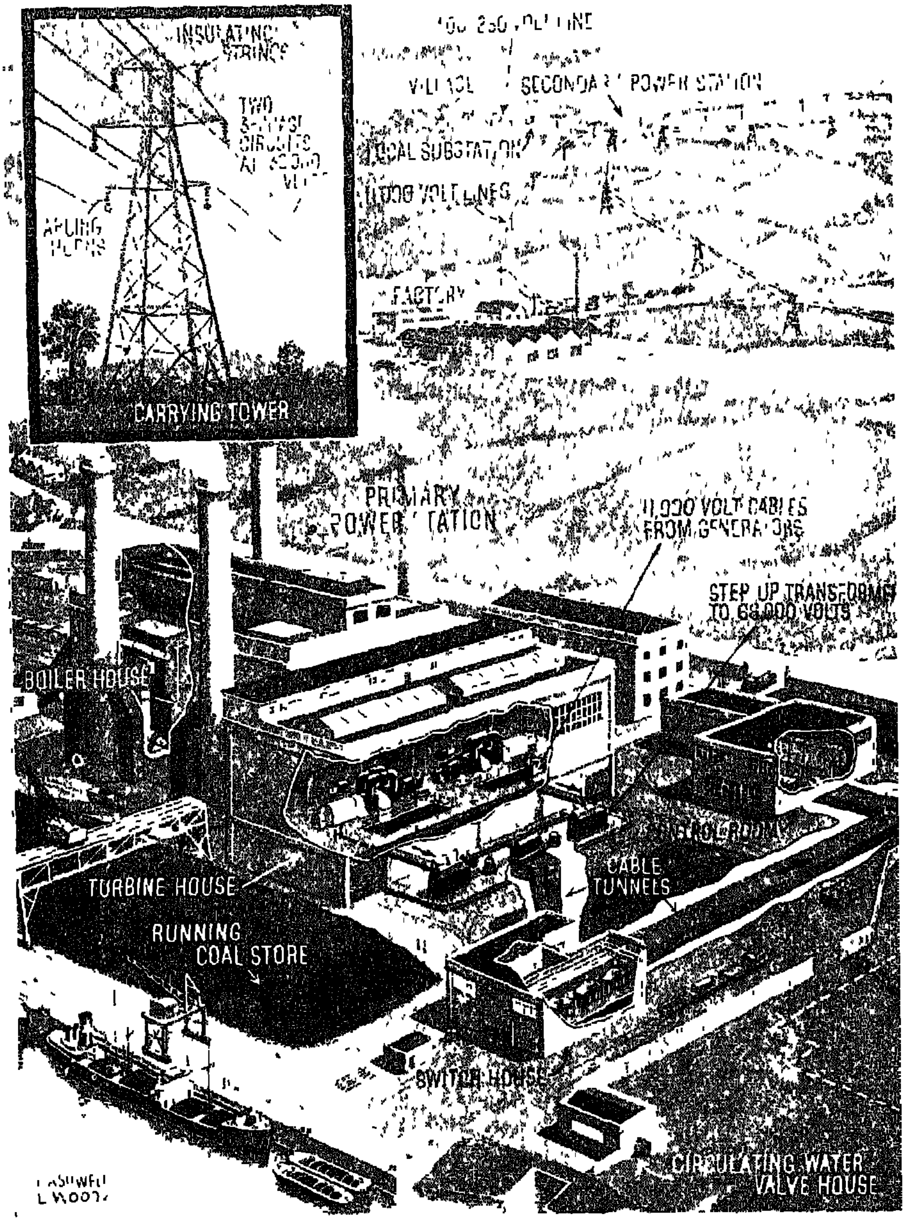
Our new friend the shift engineer takes us down to the turbine house—a vast hall, peaceful as the boiler house, except that the low rumble of machinery has swollen to a deep-throated roar from the mighty turbo-alternators ranged down the length of the hall (Fig 1). "These sets are rated at 50,000 kilowatts each," says the shift engineer, "that's 67,000 horse-power Of course, they'll take an overload, we can turn out well over 300,000 horse-power all told if we want to Oh no, there are quite a few sets bigger than these London has some 100,000 kilowatt sets." At first sight the turbine house seems unattended, but history repeats itself, and we discover an overalled figure contemplating a boardful of steam gauges, and a second examining a thermometer on one of the turbine bearings These are the turbine drivers

We adjourn to the control room The ceiling consists of a large lay-light; a switchboard extends down the whole side of the room Further switch panels occupy the ends of the same room, and one or two panels are on the back The switchboard attendant sits at a desk adorned with telephones, and fills up a logsheet of meter readings given him by his junior This is the nerve centre of the power station Here are four generator panels controlling the four turbo-alternators In front of each panel is an engine-room telegraph, those for Nos 1, 2 and 4 sets pointing to "on load" and that for No 3 set to "shut down " Then come switch panels for transformers, inter-connectors, grid feeders, and, finally, for a host of main feeder cables taking power to all parts of the city, as is indicated in the specially made drawing in Fig 2.



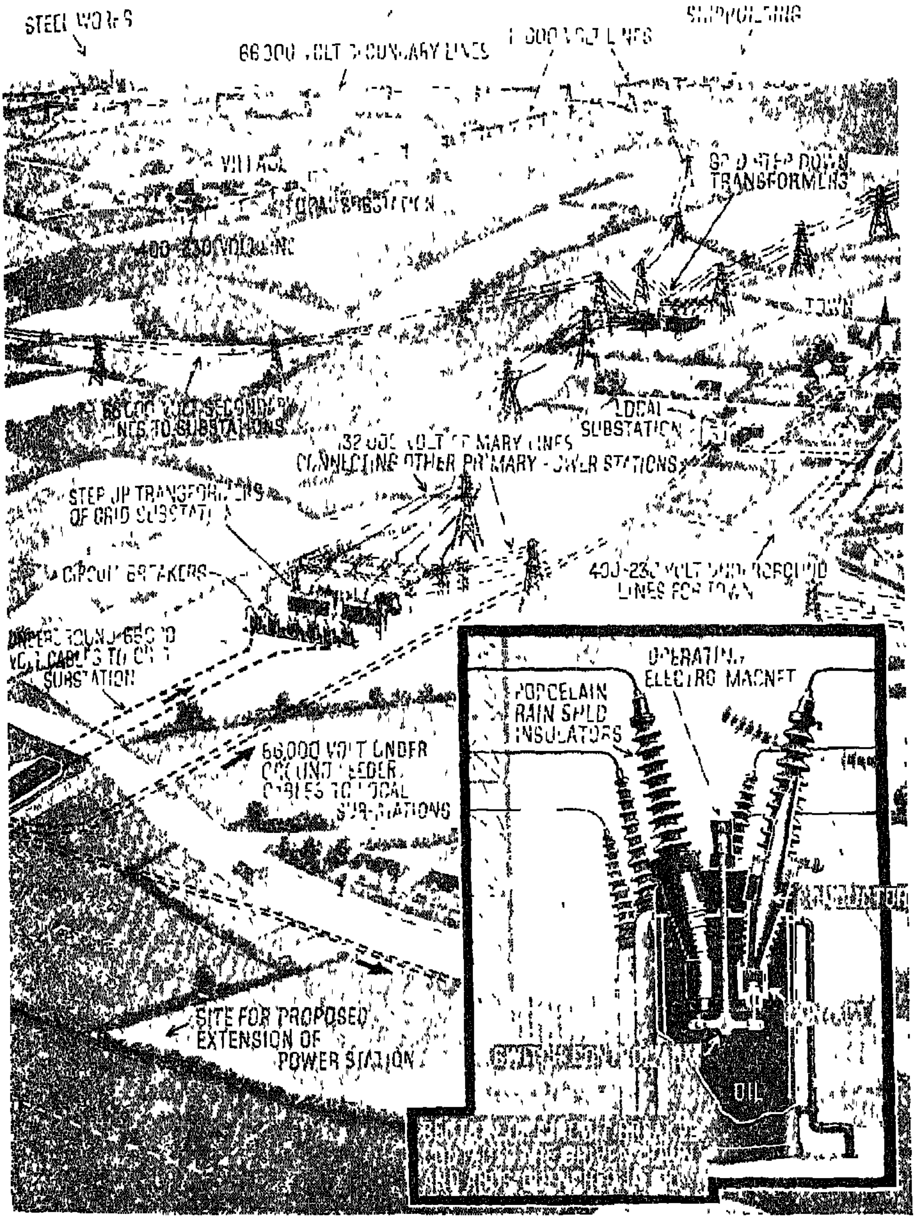

BOILER HOUSE IN SECTION

*A section of a coal-fuelled boiler, such as raises the superheated steam necessary to drive the turbines illustrated on pages 186-187, is shown above Coal supply, which is drawn into the furnace by means of a moving grate, can be regulated automatically as the demand for steam varies.*




POWER HOUSE

FIG 2 *To give an idea of how electric current is disseminated to town and village by the National Grid System, this drawing of an imaginary Power Station in an imaginary landscape enables the reader to follow all the more spectacular aspects of a process of great importance to the public*




TO CONSUMER

*In insets at the top left and bottom right of the drawing are given closer details of the carrying towers or "pylons" which carry the cables over vast tracks of the countryside, and of the circuit breakers, here cut away to show various details, not otherwise visible, of the internal mechanism*

Along the top of the switchboard is a giant circuit diagram, the switch symbols of which set themselves as the respective switches are operated

This is not strictly a switchboard but a control board, the actual oil switches are in the switch house just behind the control room, and they are remote-operated from the control board We take a peep into another great aisle filled with strange-looking steel giants which are the oil switches The switchboard attendant's work is largely a matter of watching the load, seeing that it is properly shared between the generators, keeping a log of all important readings, and being ready to act at once in the event of an emergency The frequency of the alternating current has to be kept at 50 cycles per second, but this is looked after largely by the grid control engineers, who also give a station a schedule of the load it must carry hour by hour during the day An operation requiring the utmost care is switching a generator on to the line when the turbine driver has got it up to speed. The voltage of the incoming machine has to be adjusted until it is the same as that of the main supply, and its electrical alternations synchronized with those of the supply.

### *"Pick up 10 megawatts"*

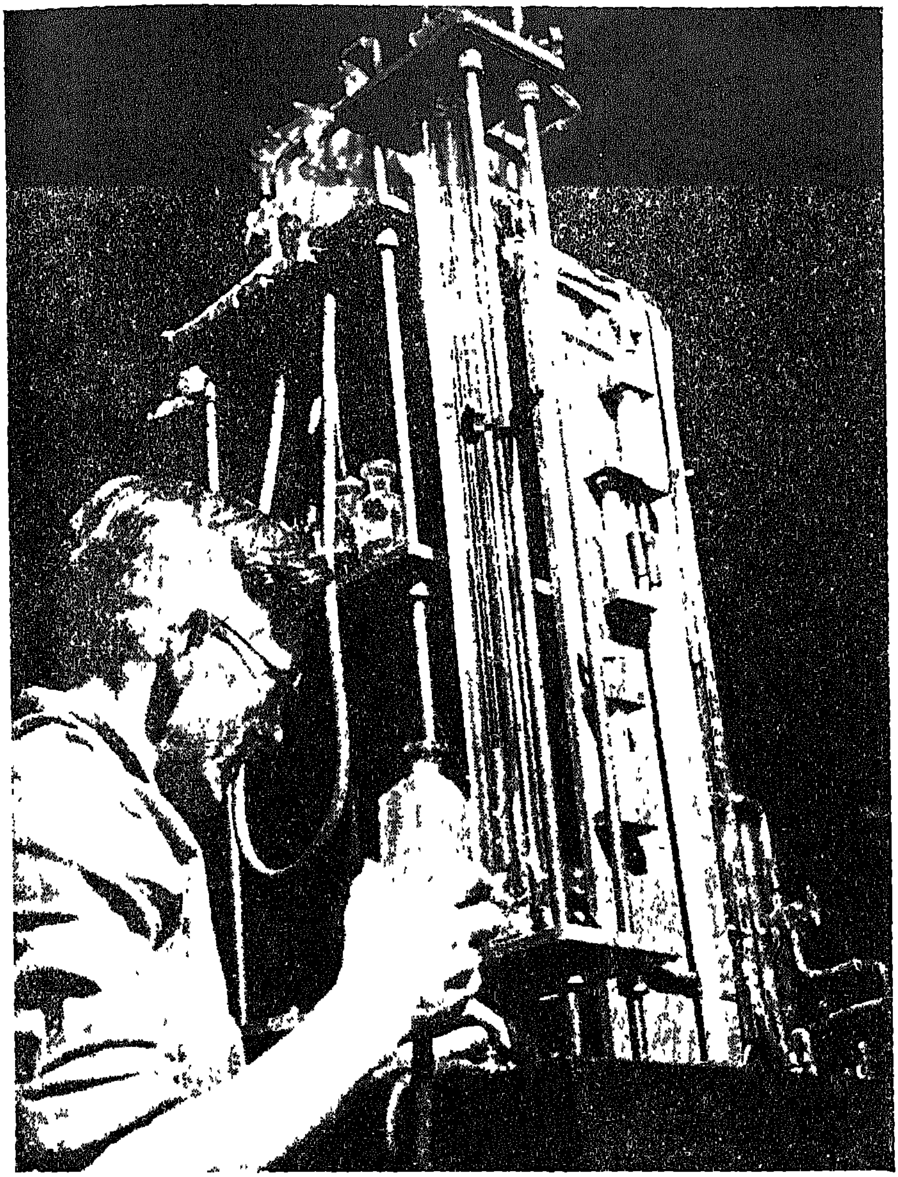
At this moment a buzzer sounds, and a panel bearing the words "Pick up 10 megawatts" lights up on a separate board at the end of the room The attendant acknowledges it by pressing a button, and then goes along the generator panels touching a knob here and there Instrument needles creep up, the station is taking over a further 10 megawatts—10,000 kilowatts —of Britain's electrical load "That's from the grid area control room," our friend explains It is suggested to us that our inspection of Britain's power supply would be incomplete without visiting the Central Electricity Board, so having obtained the necessary introduction, we present ourselves at the head offices of the Board, where arrangements are made for us to visit the national control There a staff of engineers analyses records, estimating the nation's demand for electricity throughout the following day This estimate is condensed into a schedule of loadings for each of the seven areas, and in due course is passed to the national control engineer in the control room

### *Area control centres*

Our next journey is to one of the area control centres Here there are two adjoining control rooms, one controlling the electrical loadings throughout the area, and the other, supervising all the switching operations In the load control room two engineers are sitting at a large desk facing a wall diagram showing all the transmission lines in the district. Long-distance meters let into this diagram show the load carried on each of the main lines One of the engineers is estimating the load for the day and allocating the necessary generation among the power stations in his area Each power station is given advance information of the loading it will be expected to carry during the day, and the control engineers modify these instructions from moment to moment as the necessity arises

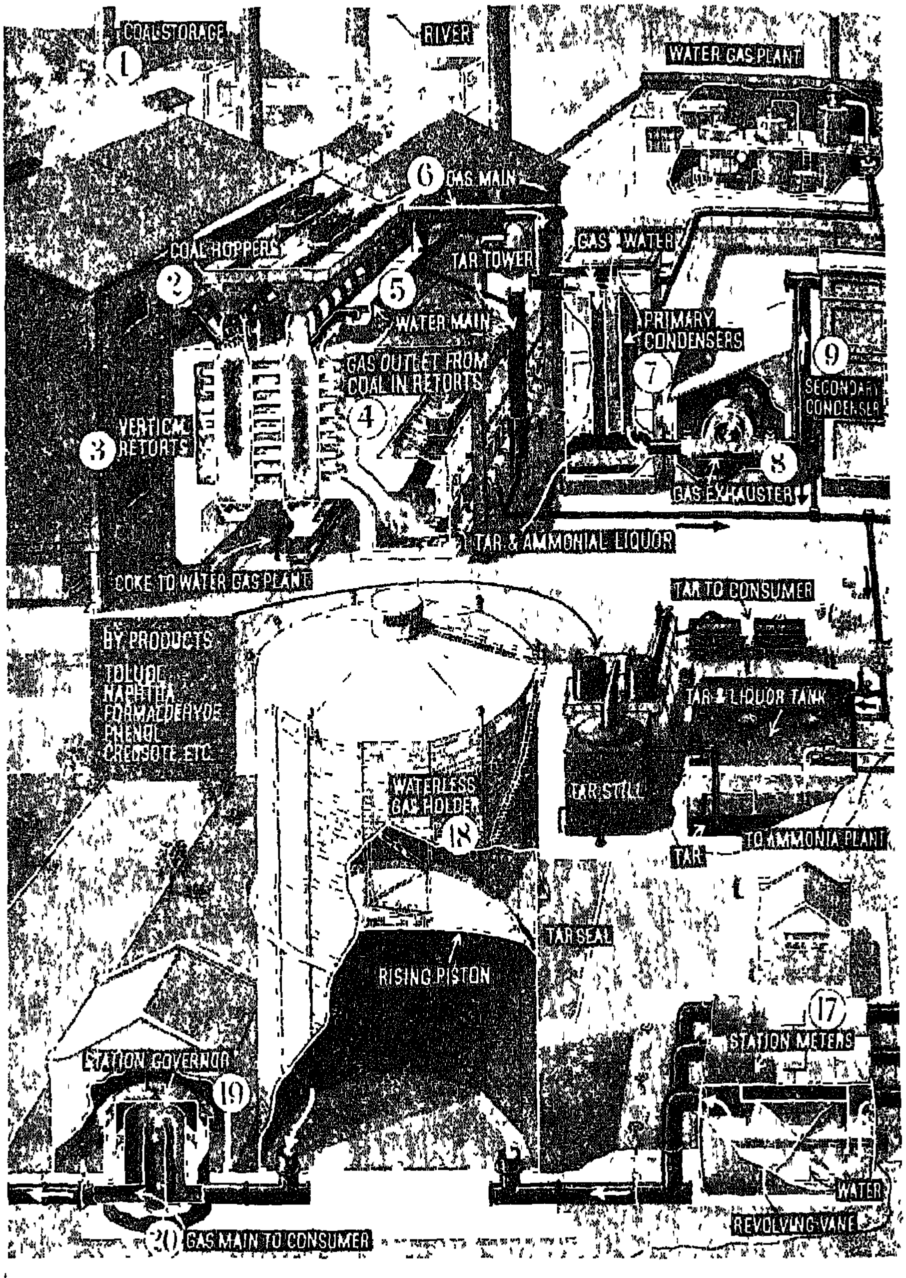
We pass to the switching control room. This is circular, and a coloured diagram of the area grid system showing every switch and every grid line covers the greater part of the wall surface Each switch has a code number, and the switch symbol can be rotated by the finger to "on" or "off" An engineer is issuing a permit over a telephone for a certain line to be switched out for servicing Every switching operation in the area has to be sanctioned by the control engineer

Now let us look at that other great industry with which this chapter is concerned—Britain's widespread gas industry Let us obtain an introduction to



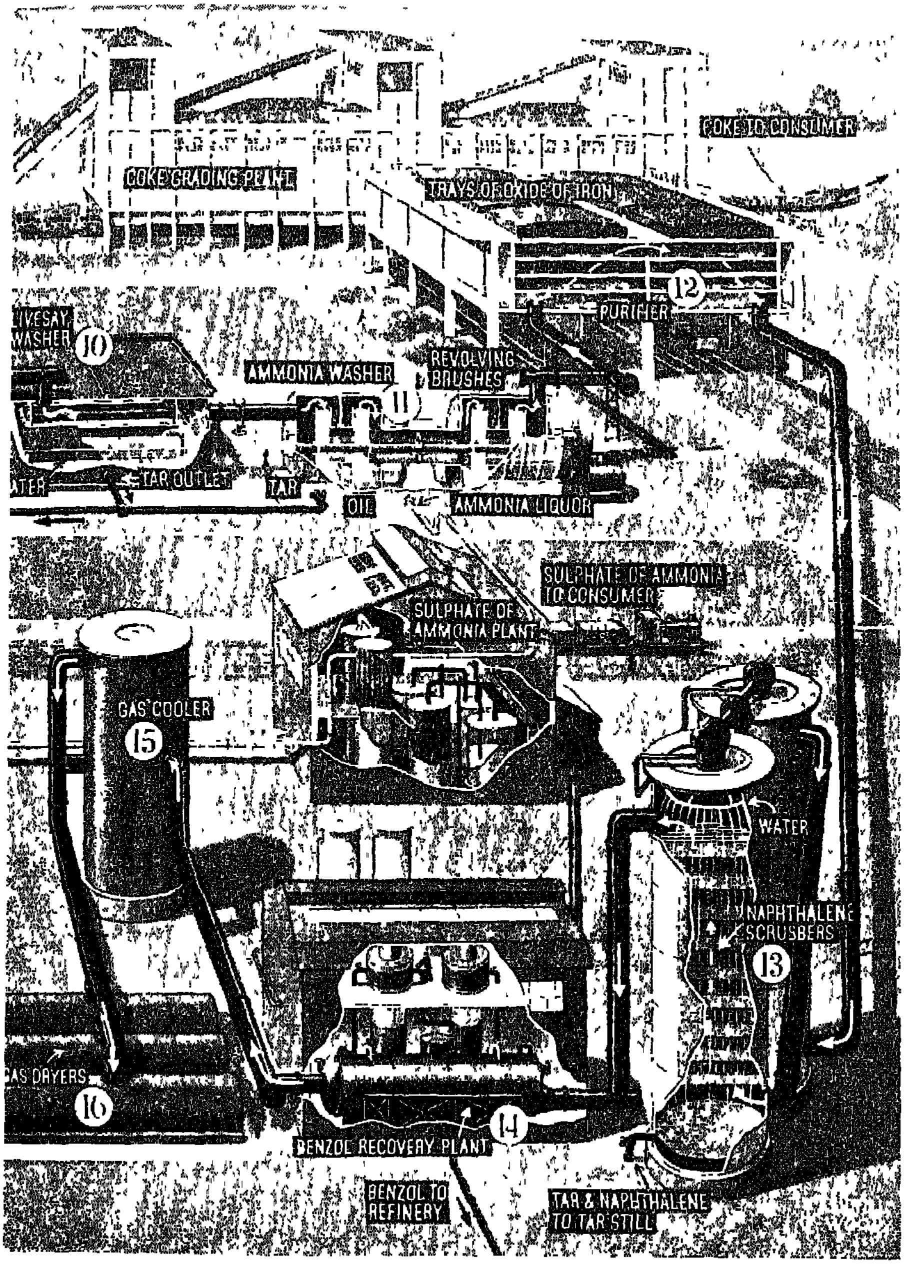
CHECKING THE QUALITY OF GAS

*By daily analysis a check is kept on the composition of evolved gases to ensure efficient operation of the plant Both the quality of gas and the method of its production are constantly studied in the laboratories so as to maintain a high standard and to search for improvement Only by constant care and supervision can the gas, which in the first stages is a thick, brown smoke, be transformed into the "clean" household variety that burns clearly, without odour*



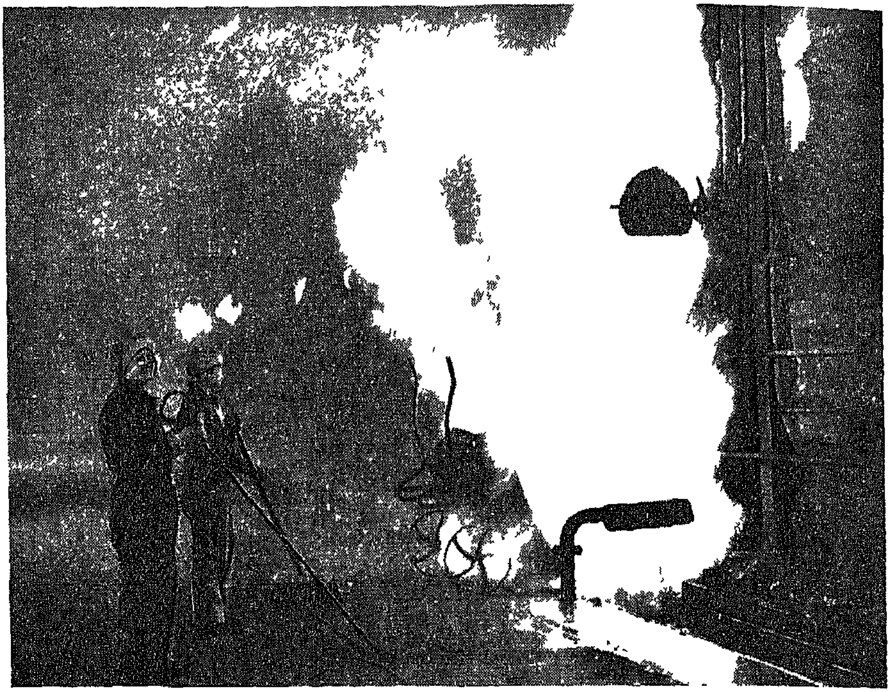

PROCESSES IN A MODERN GASWORKS·

FIG 3. *From the above drawing may be followed in their usual sequence the processes which take place in a typical gasworks, from the reception of the vast quantities of coal, often brought by canal or river, to the gasholders from which domestic gas is distributed at even pressure into the mains.*




HOW BY-PRODUCTS ARE RECOVERED

*Coal is heated in retorts forming gases and vapours that are volatile, and coke which is later discharged from the retort when the gases have been driven off. The gas is passed through the successive stages shown above to remove the many impurities and recover valuable by-products.*



DISCHARGING HOT COKE

*In a gasworks, women operatives watch hot coke being discharged from a retort in a horizontal retort house To an accompaniment of flames and steam, the coke is quenched in water, and a charge of fresh coal is placed in the retort, where, in its turn, it is coked to produce our gas Special drawings demonstrating how such retorts actually function are given in Figs. 4 and 5*

the gas engineer and manager of a large provincial gas undertaking He explains that his undertaking has to cover three main activities gas-making, the distribution of gas to consumers, and showroom and consumer-service work He himself is in ultimate charge of all these activities

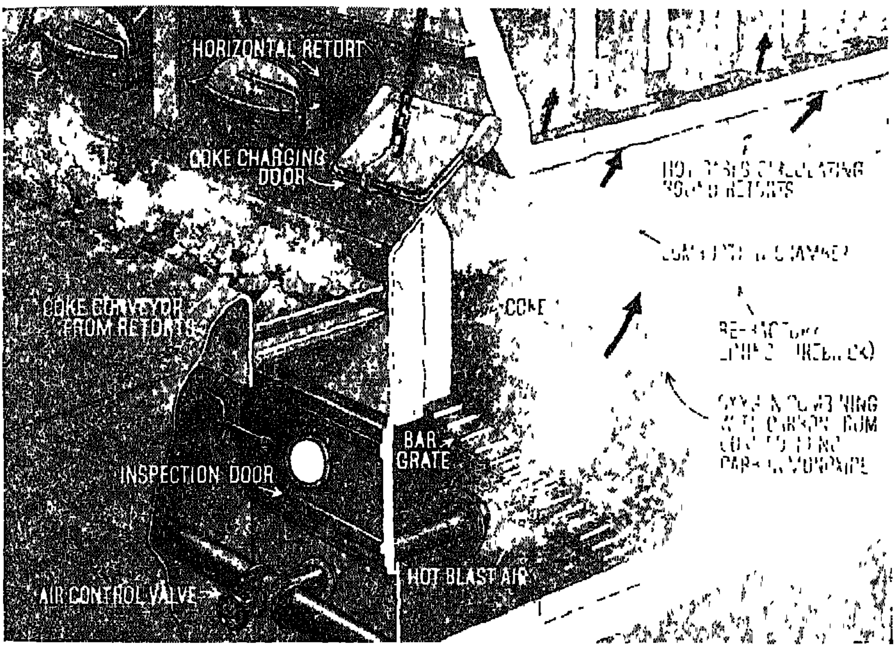
### *How retorts operate*

Routine control of gas-making is in the hands of the assistant gas engineer, who explains that three types of retort are commonly used in gasworks the horizontal, continuous vertical, and intermittent vertical The horizontal and the continuous vertical retort are the more usual We enter the horizontal-retort house, and find ourselves in a long corridor one side of which is formed by the battery of retorts It appears as a brick wall about 10 ft high festooned with semi-circular iron doors about 2 feet high and arranged in four rows one above the other Each retort is a chamber with a flat floor and an arched roof, about 2 ft wide, 20 in high and 20 ft. long, with a door at each end. The retorts are built in "benches" four or, in some installations, five retorts high and two wide, and as many benches as are required are placed side by side to form the battery we see Each bench of retorts is heated by producer gas generated from coke by a producer built into the base of the setting, and the gas from the coal charge in the retort is taken off by two

stand pipes leading off from the retort roof, one near each end door (Fig 5)

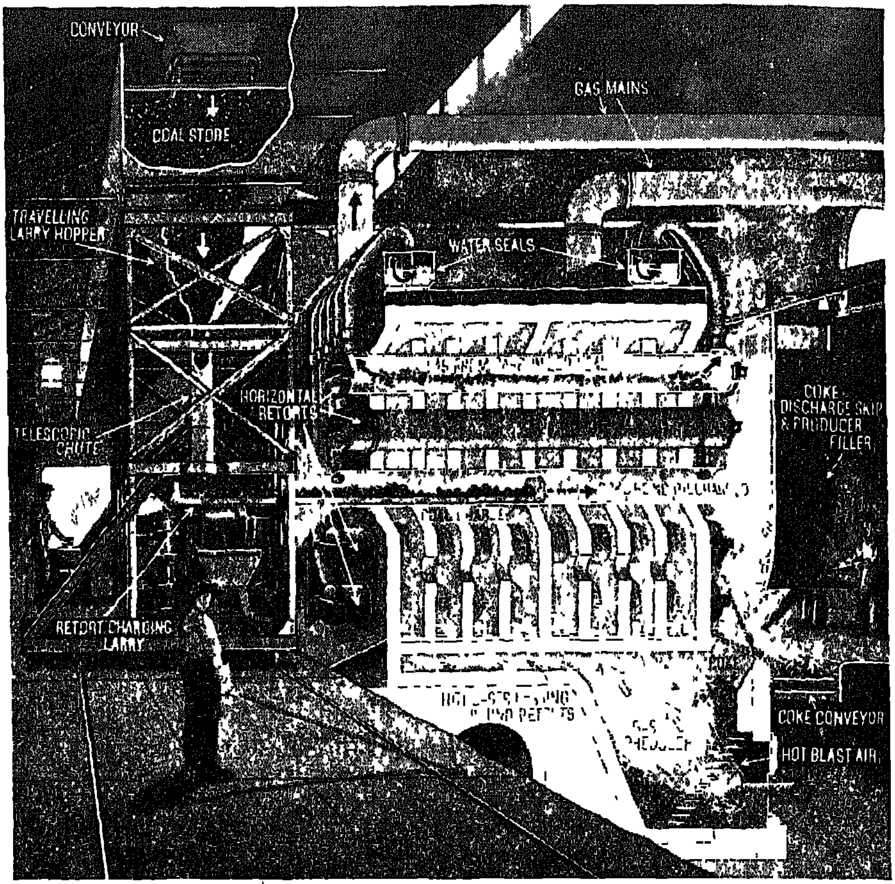
About the difference between coal gas and producer gas, our guide remarks that if coal is heated in a closed retort it distils off a high-quality gas, known as coal gas, along with a series of by-products, leaving behind the solid residue known as coke But if this coke is now put into a producer, ignited, and given a restricted air supply, it will itself be converted into a much lower-quality gas known as producer gas—not good enough to feed into the public supply, but quite suitable for heating retorts

Our attention is drawn to a large machine, mounted on rails and travelling slowly down the length of the battery In it an operator is sitting, presiding over a group of electrical controllers At each retort he opens the door, and after signalling to a doorman at the rear of the battery to open the rear door, he starts a motor which drives a steel ram into the retort, pushing out the hot coke before it The coke falls on to a conveyor and is quenched by sprays of water All the retorts in a horizontal row are dealt with in this manner, after which the charging machine and the rear doorman return to the far end of the row to charge the retorts The rear doorman holds a shield a few inches inside the retort, and a fresh charge of coal is inserted mechanically from a hopper on the charging machine When the bottom row of retorts is being discharged, the rear doorman opens a hopper leading to the producer, and the discharged coke falls straight into this hopper On the top of the battery a man




HOW A HORIZONTAL RETORT IS HEATED

FIG 4 *Producer gas (of a quality not suitable for domestic consumption) obtained from coke heats the batteries of horizontal retorts. The hot coke from the retorts is pushed out of each retort by a steel ram and falls on to a conveyor belt, the retort being then recharged with fresh coal. On the next page is given a full section of a horizontal retort, of which the above is the base.*




SECTION OF HORIZONTAL RETORT

FIG 5 *This section of a horizontal-retort house shows in detail how the batteries of retorts are charged by a machine travelling on rails and controlled by electricity. As the fresh coal is rammed in the coke is simultaneously ejected at the other end of the retort.*

is occupied in cleaning the standpipes of each retort after it is discharged, and in the basement another man is attending to the producers.

The continuous vertical retorts are chambers about 10 in wide, 4-9 ft long and 25 ft high, into which coal is continuously fed at the top and coke continuously discharged at the bottom Very little labour is required to operate these retorts as they are virtually automatic A man is stationed at the top of the retorts to regulate the charging magazines and see that the coal flows freely, a second man below the retorts drops the coke into a wagon and wheels it away, a third attends to the producers (Fig 6) Intermittent vertical retorts are somewhat similar to continuous verticals, no machinery is required for charging or discharging—gravity does the work.

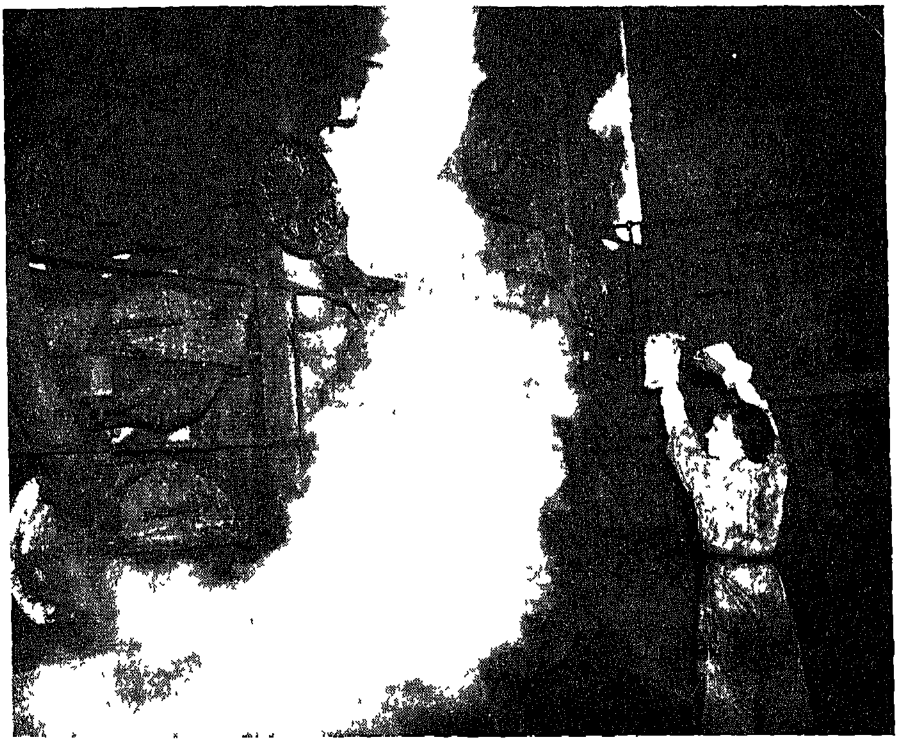
Whatever the type of plant, the assistant gas engineer has to determine the charging schedule and the temperatures

and pressures that must be held at various parts of the plant to obtain the best results In this he is ably assisted by the shift foreman, an experienced practical man who sees that conditions are maintained as desired He also receives valuable assistance from the works chemist, who watches conditions throughout the entire gasworks

### *By-product plant*

Our guide now takes us forward to the by-product plant He explains that the gas as it leaves the retorts is a thick brown smoke—such as we get at home when we put overmuch fresh coal on the fire—containing many substances which can be removed to form a valuable series of by-products First the gas is passed through coolers in which tar is condensed The liquid tar is shipped to a tar distillery where it is split up into a variety of chemicals forming the basis of a bewildering range of valuable commodities Working in conjunction with the coolers are machines known as exhausters, which suck the gas out of the retorts and pump it through the by-product plant After the tar condensers the gas is washed with water to remove ammonia, the resulting liquor being sent to a chemical works for preparation either as liquid ammonia or as sulphate of ammonia (Fig 3)

The next stage is the removal of sulphur



FRESHLY LOADED RETORTS

*After the retorts have been recharged, the coal is pushed back from the mouthpieces of the retorts and the doors closed. This process is known as "backing up" Above is seen a woman operative "backing up" one of the middle retorts, from the open mouth of which gush flame and smoke*

—one of the most troublesome impurities "Many people think that a gas fire dries the air in a room," declares our guide "In fact, the burning of gas forms steam which *moistens the air* The dryness in the throat that some people experience is due to old-fashioned stoves, etc , as we attach great importance to removing all the sulphur we possibly can " He then shows us a group of enormous boxes filled with iron oxide, which absorbs the sulphur The oxide purifiers are the only part of the by-product plant requiring much attendance, and even this is only required periodically There is a by-product attendant, in charge of the whole of the by-product plant, who watches the gas pressures in the oxide boxes, tests the gas for sulphur, and, as necessary, alters the rotation in which the boxes are used When a box is completely exhausted it is opened, and a gang of men dig out the spent oxide and refill the box, the spent oxide, now containing nearly half its own weight of sulphur, being sent to a sulphuric-acid works We now pass on to the naphthalene scrubber, where naphthalene—the substance of which moth balls are made—is removed, and thence to the benzole recovery plant, the crude benzole being sent away to a benzole refinery

### "Not *gasometers, please!*"

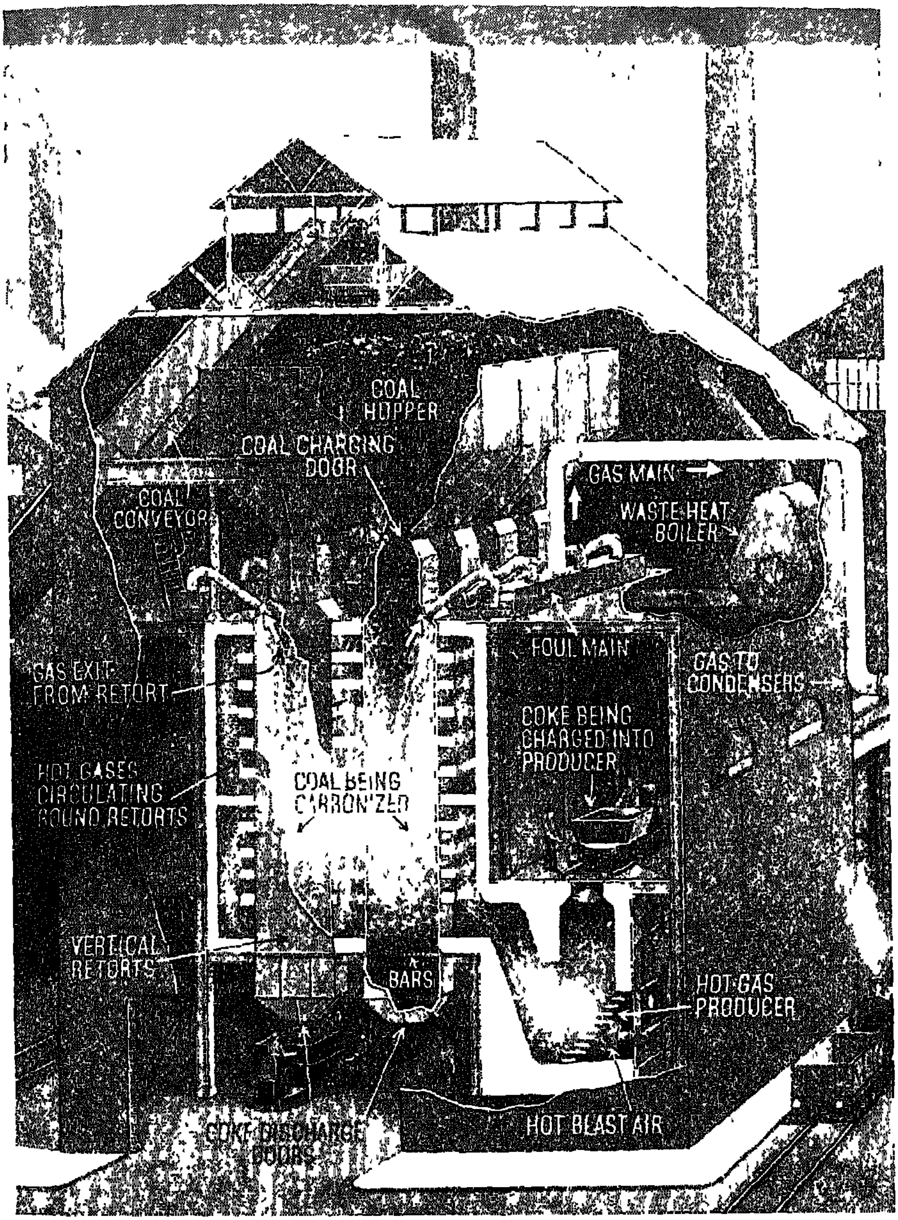
The gas is now clean, and after being cooled and dried is passed through the station meter in the valve house, where a valve-man controls the delivery of the gas to the gasholders ("*Not* gasometers, please!" our guide insists) and to the mains In the valve house is an important item of equipment known as the gas governor, regulating the gas pressure in the public mains If the gasworks is interconnected with other works, the valve-man also controls the connecting mains and is in charge of the boosters—boosters being machines that pump the gas through these mains.

A gasworks supplies not only gas but also a valuable commodity known as coke We see the coke-grading plant, where the coke is passed through screens—mechanical sieves—to sort it into various sizes The various sizes fall into separate bunkers, from the bottom of which they are carefully sorted into sacks

### *From works to consumer*

Our next task is to follow the gas on its journey from the works to the consumer. For this purpose we must needs return to the head office to meet the distribution superintendent, who explains that he has to watch the demand for gas throughout the supply area, assess probable future demands, and decide the size and location of mains to carry the required supply This applies more particularly to extensions, but it may be necessary on occasion to enlarge or duplicate an existing main that has become inadequate It is part of his duty to see that the distribution system is maintained in good order He has men going the round to empty water from syphon pots and check gas pressures, and he keeps mobile gangs for repairing mains, laying extensions, and putting in service mains for new consumers

Consumer service is a cardinal policy of the gas industry Specially trained fitters are maintained to inspect and adjust consumers' appliances, make repairs, and install new appliances Although the domestic market is vitally important, a tremendous amount of gas is used commercially and industrially Much work in this direction has been done by the British Commercial Gas Association, and a number of the larger cities have Industrial Gas Centres A staff of industrial gas engineers is maintained to advise factory managements on the installation and operation of gas appliances Our guide also mentions the gas showrooms and the very important work of the appliance makers




VERTICAL RETORTS IN SECTION

FIG 6. *As is shown above, the continuous vertical retort requires little labour, being virtually automatic A man stationed at the top regulates the charging of coal, which is eventually discharged as coke into waiting wagons at the bottom The retort is about 25 ft high. Other men superintend the charging of coke into producer-gas apparatus which heats the retort.*



SPIRIT OF BRITISH AGRICULTURE

*Powerfully steering over the stubble, this farm tractor and its alert-looking driver are symbolic of the new spirit of British agriculture which, whilst preserving the best of traditional principles of husbandry, has introduced scientific research and management and modern, labour-saving machinery into the production of food to feed our people.*

# BACK TO THE LAND
# MODERN FARM METHODS

By "AGRICOLA"

*Britain's farming policy. Increasing soil fertility and the yield of the land How the modern farm is planned to ensure a balanced production Crop rotation and care of the soil Carrying out sowing and harvesting The art and purpose of ploughing by tractor and horse Prevention against insect pests and diseases*

OF all Britain's industries none is more vital to her very existence than agriculture To the townsman, it has been all too easy to view "the country" as a beautiful effect Age-old farmsteads, grey churches warmed by the sunshine, a pattern of furrows on a downside, wind ruffling the tree tops and waving the corn in art and romance such things have a valuable place, but the farmer (with his own sense of values) knows the meaning of the pattern and judges the signs He is the technician on the spot, the man who is *using* the land

The Second World War brought a pledge to British farming and one unique in its history In November, 1940, the Minister of Agriculture announced that the Government had decided to guarantee that the existing system of fixed prices, and an assured market, should be maintained during the period of hostilities and for at least one year thereafter The Government declared further that it recognized the importance of maintaining after the war a healthy, well-balanced agriculture as an essential and permanent feature of national policy

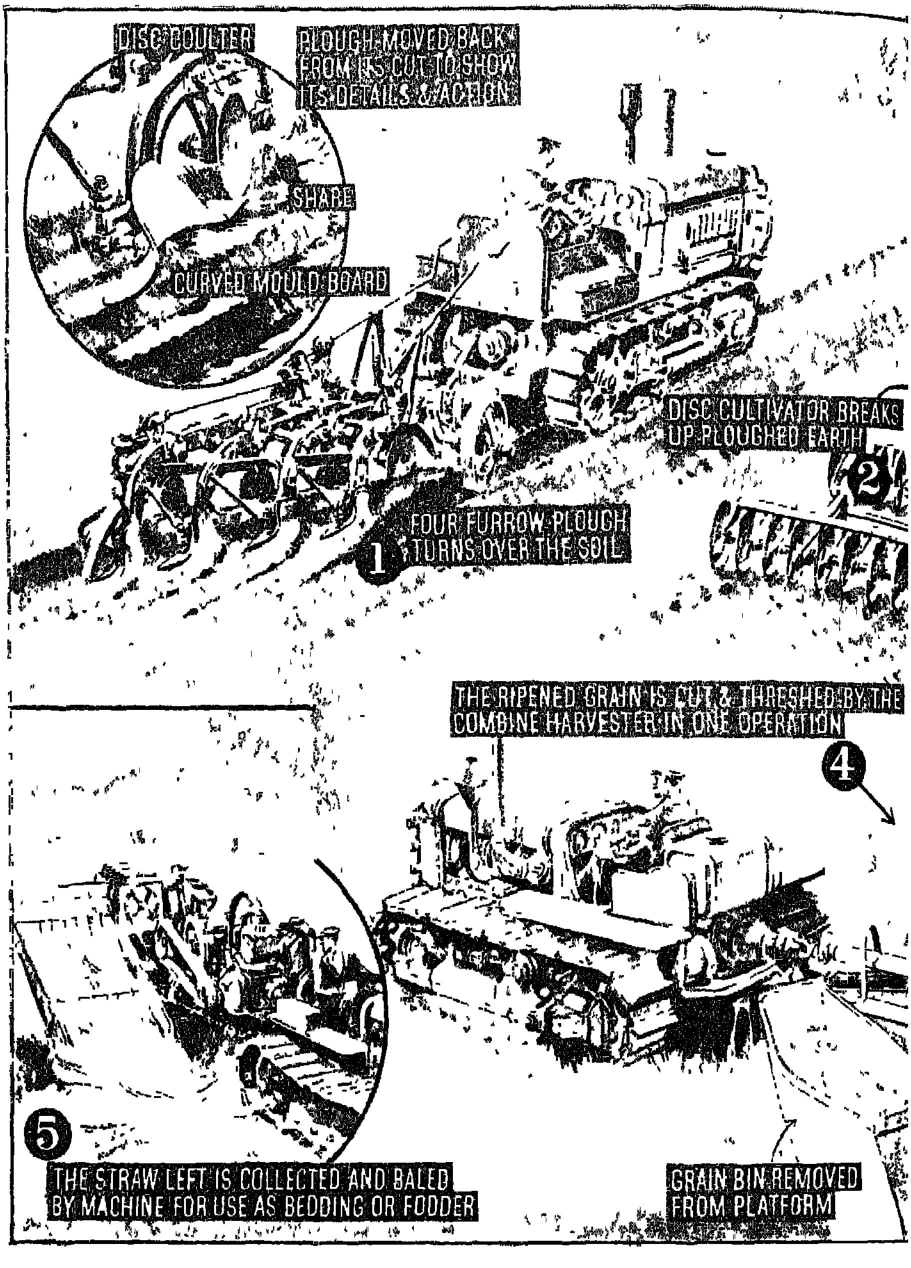
It is important to stress how vital it is to maintain the labour force in the industry Apart from the national minimum wage for agricultural workers—in itself an enormously important matter involving considerations which must be passed over here—any permanent policy designed to effect and maintain a prosperous countryside must make adequate provision for housing requirements and rentals placed upon an economic basis.

The National Farmers' Union has decided what it considers to be the minimum figures, under "mixed farming," which will maintain soil fertility and produce an economic output from our soil in peace-time Their figures (obviously subject to revision) are *Tillage acreage* (excluding all leys) 11,000,000 acres, including 2,250,000 acres under wheat, potatoes, 600,000 acres, sugar-beet, 400,000 acres, fruit and vegetables, 800,000 acres *Livestock* dairy cattle, 3,500,000, other cattle, 4,000,000, sheep, 20,000,000, pigs, 3,750,000, poultry (holdings), 60,000,000.

### *Beef and milk requirements*

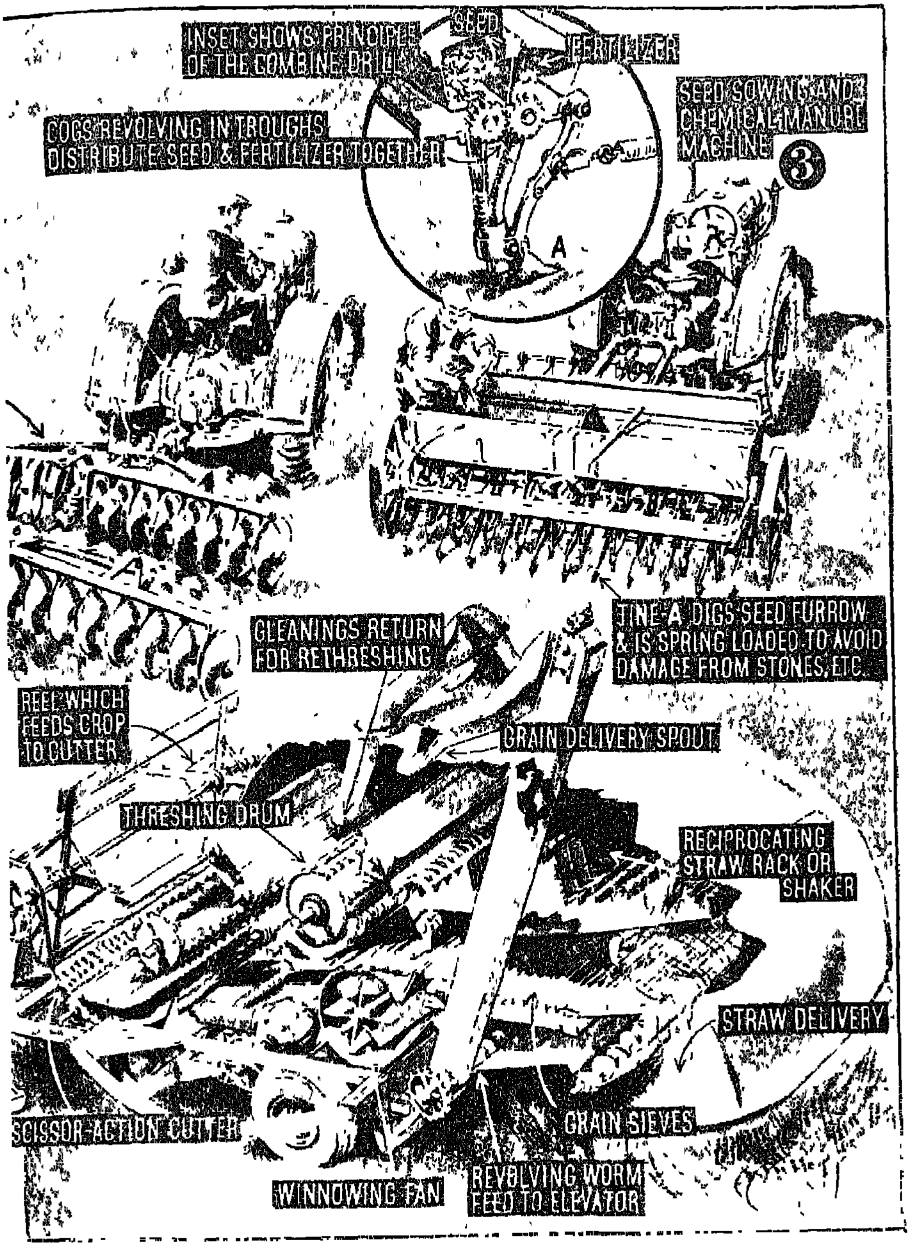
From the 3,500,000 dairy cows which will eventually be kept in this country, something like 1,750,000 bull calves will be produced annually and from them must come a large part of our beef supply.

Britain has an ideal breed in the dairy shorthorn to meet these post-war requirements It produces good quality milk on home-grown produce at as low a cost per gallon as any other breed It lends itself to the system of out-wintering, or wintering in open straw yards




HOW INDUSTRY HAS HELPED

FIG 1 *Mechanization has been the keynote of farming development for the past twenty years, tractor-driven machines like those shown above displacing time-honoured methods of cultivation and resulting in an immense saving of time and labour for modern farmers and the whole nation*




THE MODERN FARMER

*The four-furrow plough will turn over a field for next year's crop in a fraction of the time taken by the horse-drawn plough Combine drills distribute fertilizer and scatter new seed in one operation, while the ingenious combine harvester speedily cuts and threshes the ripened crop.*

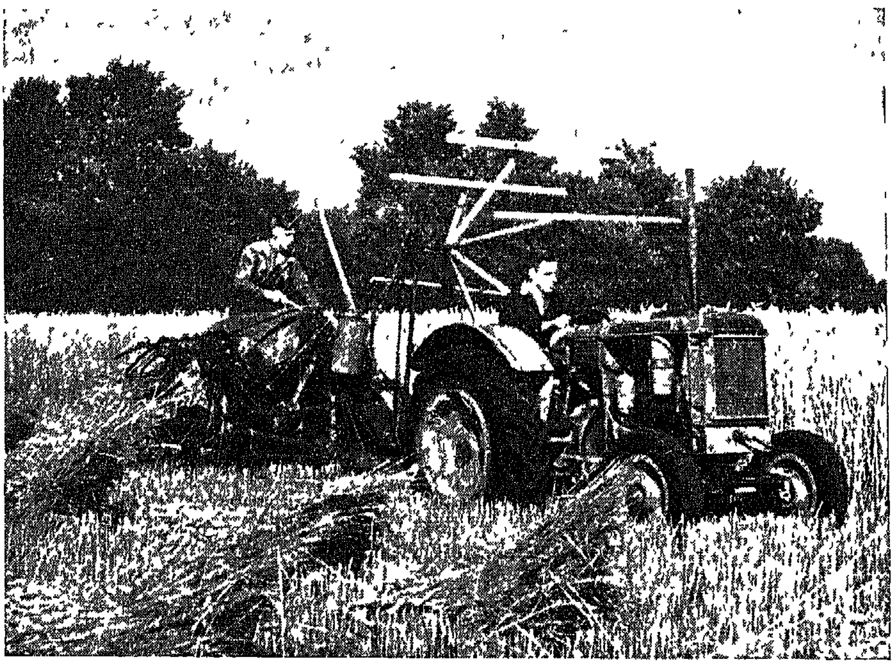
Though small in size, Britain possesses an unexampled range of soil and climate and for this reason our farming is the most varied in the world Corn production, and stock rearing, market gardening and dairying, large-scale mechanization and small holdings, flourish side by side Agricultural machinery, shown in Figs 1 and 2, has made Britain capable of producing a very high yield and has made it necessary for the farm worker to add a knowledge of machinery to his traditional skill

The farm to-day is planned to ensure alternate husbandry and its result will be to increase rather than diminish the arable acreage and to place still more reliance upon mixed systems (Fig 4)

Crop rotations must be observed more than ever There are so many rotation variants that it is impossible to place them all on record For instance, the rotation which produced the 1943 champion crop of British barley was a two-course rotation of barley, sugar-beet and barley once more This crop was grown on fields at Bridgnorth, Shropshire, sloping fairly steeply to the west The seed was sown in March and no fertilizers were used, only the goodness that was left in the soil by the previous crop of sugar-beet To maintain fertility on this light land—miles away from the sea coast—a flock of 120 ewes and their followers were kept

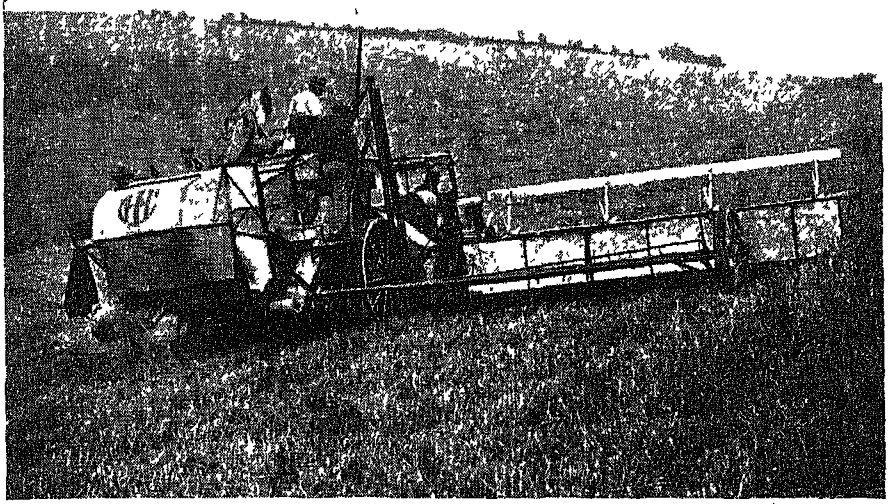
If one quotes an example of a typical rotation, a clear idea of what it means, and how it lends itself to the present system of corn and root culture and keeping the land clear, is obtained

At all times, in peace or in war, the British farmer has been compelled to



RECORD CORN CROP

*To produce the food needed by Britain's millions, a greatly increased acreage has come under the ploughing-up policy The two young men shown in the above photograph are cutting part of a record corn crop on one of Britain's largest farms*



COMBINE HARVESTER

*Sailing over the undulating farmland with something of the grace of a ship, this great combine harvester, which gathers, threshes and delivers the ripened grain in sacks in one comprehensive operation, is seen with its crew after an afternoon's harvesting*

practice various rotations of crops to suit the special circumstances of differing districts, even of differing farms

Wheat, generally, is grown in rotation with other crops, although there are some notable instances where this crop has been grown on the same land year after year for research and demonstration

## *Cleaning the land*

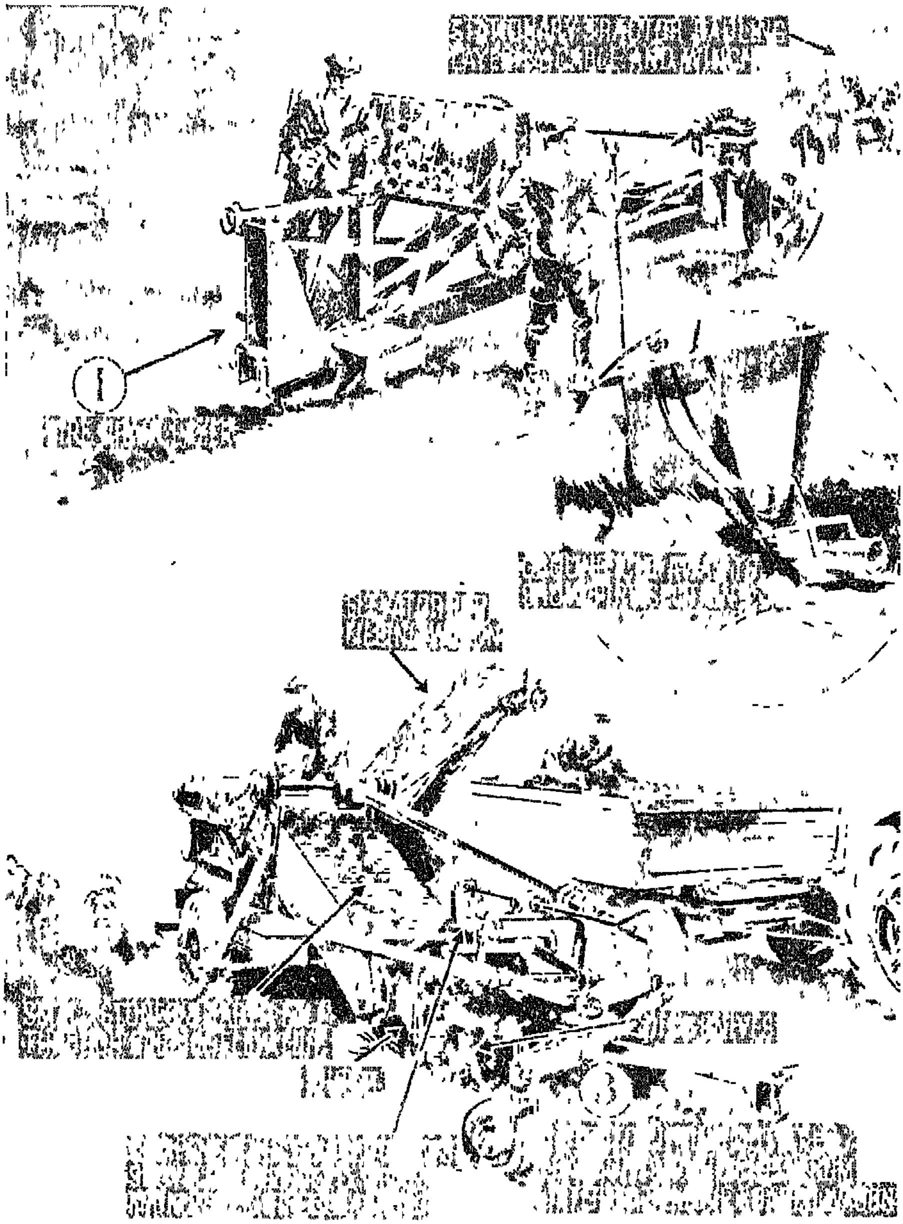
Taking the Norfolk, or four-course rotation, as our example, it commences with a root crop, usually swede turnips, manured with phosphates, and, where the land is light, potash This crop cleans the land and gives food for sheep and cattle

Part of the roots are left on the land and are eaten by sheep during the winter These roots, however, are neither satisfactory nor suitable as a complete diet for sheep, they must be supplemented by hay or a concentrated food, rich in nitrogen In peace-time, it is usually linseed cake

Sheep retain only one-tenth of the nitrogen provided them and thus nine-tenths of the nitrogen of the roots, hay and cake consumed, go back into the land Furthermore, the treading of the soil, in a wet condition, provides a firm seed bed for the following crop (Fig 3)

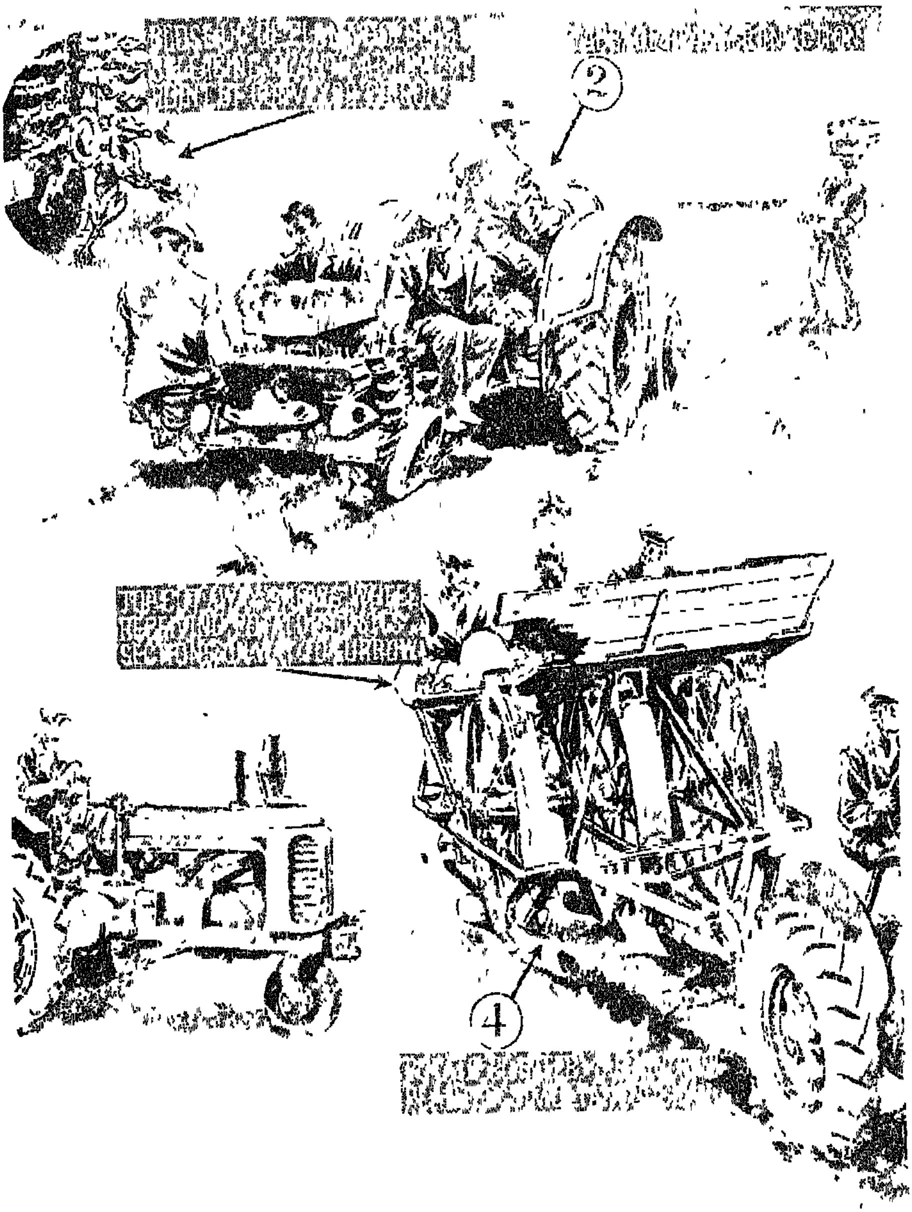
The rest of the roots, grown in this first case, are gradually fed to the cattle being fattened for beef Here also are the roots supplemented by hay, straw and cake Straw from a former crop is utilized as litter It soaks up the excreta of the feeding cattle and this valuable farmyard manure is kept for future use

When the sheep have consumed their portion of the turnip crop, they are



AIDS TO AGRICULTURE

FIG 2 *Illustrated above is a further selection of the mechanical devices used in large-scale farming The laying of drainage pipes and lifting of potatoes are two tasks which have previously taken a considerable expenditure of time and energy, but now with the use of appropriate machinery can be accomplished as effectively and far more quickly than manual labour could achieve*




AND HOW THEY WORK

*Not only the cropping, but the planting of vegetables can be facilitated by the use of machinery Shown above is the working of the cabbage planter, which sets the young plants with automatically correct spacing, and the potato planter, capable of setting three furrows of seed simultaneously. With the wholesale adoption of such ingenious devices as these began a new agricultural era.*



MILKING BY MACHINE

*Cleanliness is the keynote of milk production and modern dairy equipment is designed to avoid possible milk contamination Above is seen a power-driven mechanical milker in operation Working on the suction principle it milks several cows at once, the milk being drawn off through tubes.*

disposed of as mutton The land is then ploughed—not too deeply—and the surface soil is pulverized by harrowing until a smooth seed bed is obtained and barley is sown early in spring

Clover and grass seeds are sown among the barley in order that they may secure a firm root whilst the barley grows and ripens In autumn the barley is harvested. The clover and grasses develop during the autumn and winter and the result is a hay crop the following summer

Towards the end of June the men harvest it and its aftermath makes reliable autumn grazing for sheep and cattle which have to be fed during next winter

Farmyard manure, produced during the period of cattle feeding in the previous winter, is next loaded up and carted on to the clover land With the approach of a rainy spell it is ploughed in and a seed bed for wheat is prepared

This wheat should be sown as soon as possible after the end of September so that the young plant may establish itself in a soil still reasonably warm and before winter frosts set in

Harvesting usually takes place in August. The wheat stubble should be ploughed in the autumn and again in the spring, and when the time comes to sow the roots the land has been "cleaned" to a great extent

That is the story of the complete four-course rotation, with all the advantages it brings to the soil, farm stock and crops. By this system also the farm workers distribute their labour over the year

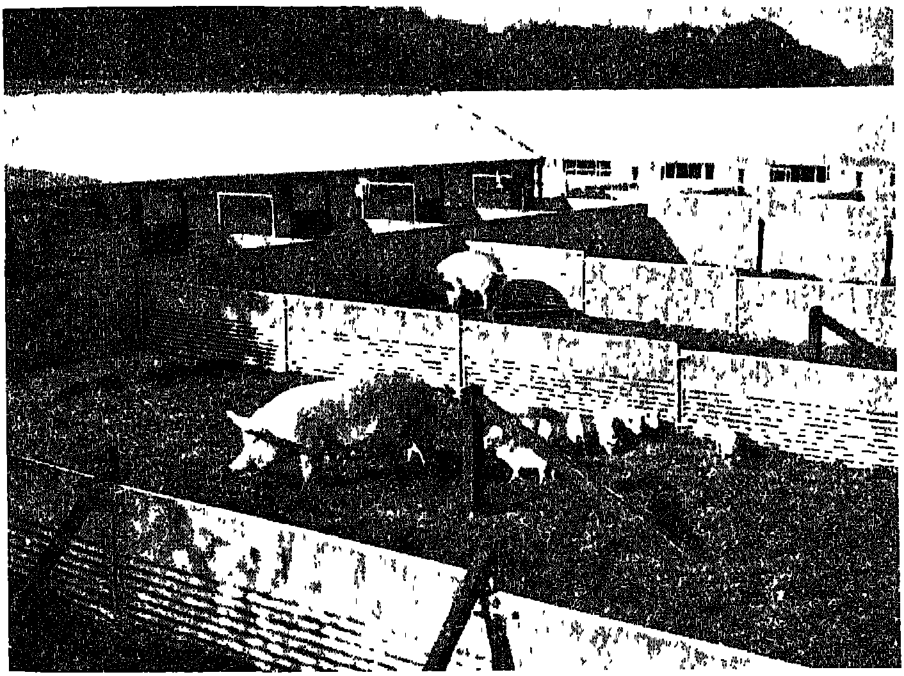
Each crop comes on to the same field only once in four years This rotation makes appeal in areas where rainfall is deficient Advice as to other essential fertilizers to be used should be obtained from the county agricultural executive officer who has full information.

## *How the plough is used*

Ploughing is the principal act of cultivation in preparation for any crop Ploughs are made for a variety of purposes, but essentially the plough consists of a stout beam which makes a curve at the rear, the point of which forces its way through the ground, and a side sheet of metal called the "mould board" which turns aside and inverts the loosened soil The beam is continued behind the curve so as to form a steering or guiding handle, and wheels are often attached to the forepart to make the running steady and to regulate the size and depth of the furrow.

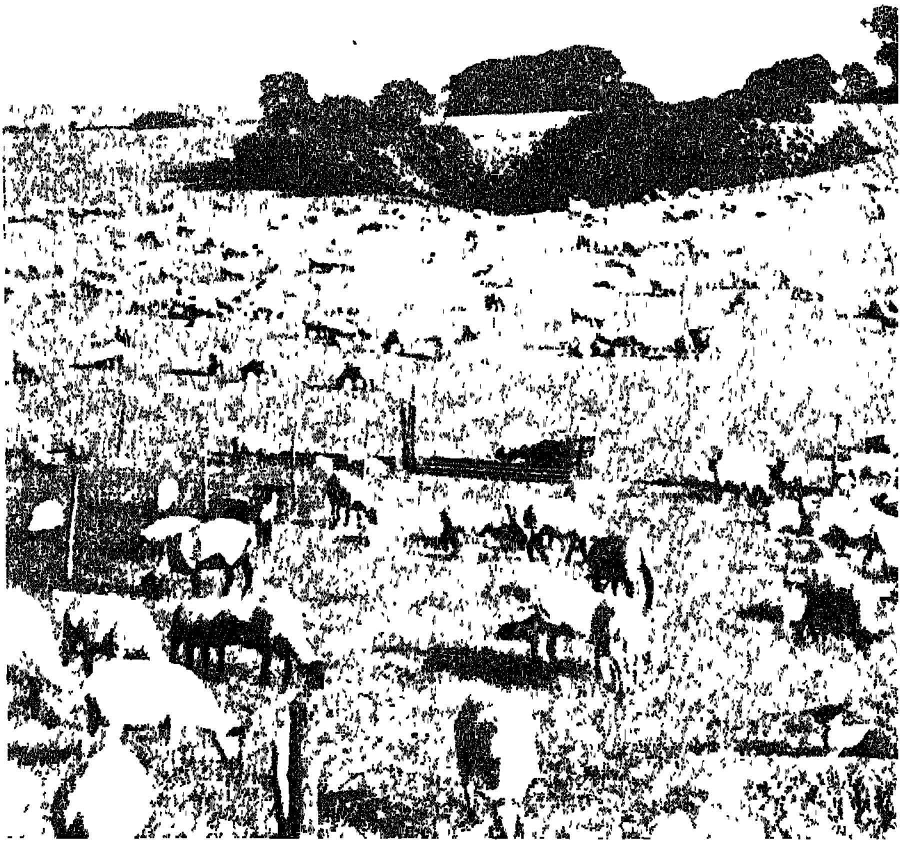
Considerable skill is called for in the ploughman's craft. It is not only necessary to plough a straight furrow, the ploughman must be able, by adjusting the pressure on the handles, to deal with the variations in soil heaviness, which occur in every field In fact the art of holding the plough is a nice question of balance, the pivot being those parts of the body and breast of the plough in contact with the ground

These remarks apply to a horse-drawn, man-handled plough In the case of tractor ploughing the setting is rendered constant by the fixing of the plough to the



MODERN PIG-KEEPING

*Pigs have the undeserved reputation of loving dirty surroundings, but actually they thrive best when kept in clean, well-tended styes on the Danish principle, an example of which can be seen above. A sow is rooting in the foreground, surrounded by her latest litter, of which she produces two a year*



SHEEP HELP PREPARE FOR

FIG 3 *First-class crops can only be produced when the fertility of the soil is renewed by the rotation of crops and adequate manuring Sheep have been turned out on to this typical Norfolk pasturage, and the soil is now ready to be broken by the plough and sown for next year's corn crop Fertilization of the soil by this natural means is not only economical but highly productive*



A BUMPER CORN HARVEST

*Cattle will not graze on land on to which sheep have been previously turned out, although sheep are able to maintain themselves on the grass left behind by cattle The flock in the above photograph are cross-bred Suffolks—a valuable utility type that provides mutton as well as wool One of the characteristics of this popular breed of sheep is their black faces and black legs.*



HARVEST VOLUNTEERS

*Harvesting is a time when the farmer and his men are busy from early morning to dusk gathering in the crop while the fine weather lasts. It is also an opportunity for city workers on holiday and school children to lend a hand at the unskilled work, as is shown by the typical scene reproduced above.*

tractor. But there is a danger here. The old-time ploughman could tell whether the resistance factors involved in the setting of the plough were properly proportioned to the job in hand.

With a powerful modern tractor there is a risk (in default of the capable hands of the ploughman) of a maladjustment passing unnoticed. A wrongly adjusted plough takes more effort to pull than it should with a consequent wastage of fuel and mechanical effort.

Some striking calculations of the waste of effort and fuel by wrong plough-setting have been made. One eminent firm of plough-manufacturers even estimated that so apparently small a thing as a rusty mould-board will require 18½ per cent of extra effort and use up two additional gallons of fuel in an eight-hour day.

## *Hallmarks of good ploughing*

The functions of the plough are: To turn over the soil exposing it to the action of the elements (every gardener knows how important is the action of frost, sunshine, etc., after digging), to bury the stubble, weeds and other vegetation, and to provide a rudimentary drainage system for excess rainfall.

Points to look for in good ploughing are therefore: Furrows straight from end

to end; uniform depth of ploughing; complete burial of all weeds and other vegetation, and all dung if present, uniformity without breaks or depressions of the tops of the furrows

All common field crops are subject to attacks from insect pests No fewer than five pests of this kind will, if permitted, attack barley, wheat is subject to three such visitants, oats to three, beans to two, cabbage and rape to five, peas to three, potatoes to two, mangolds and sugar-beet to three

Great Britain has twenty-four distinct breeds of cattle—milk, beef, and dual purpose In numbers, the Shorthorn, through its dairy type, is the strongest breed in the country Ranking next is that voluminous milker the British Friesian, a breed built up of Dutch and South African importations of the Friesian

Gradually forging ahead out of its native East Anglia is the Red Poll, a genuine dual-purpose milk and beef breed whose offspring can win prizes at both fat stock shows and dairy shows on the merit of their beef carcases and their real butter-fat milk

### *Britain's wonderful cattle breeds*

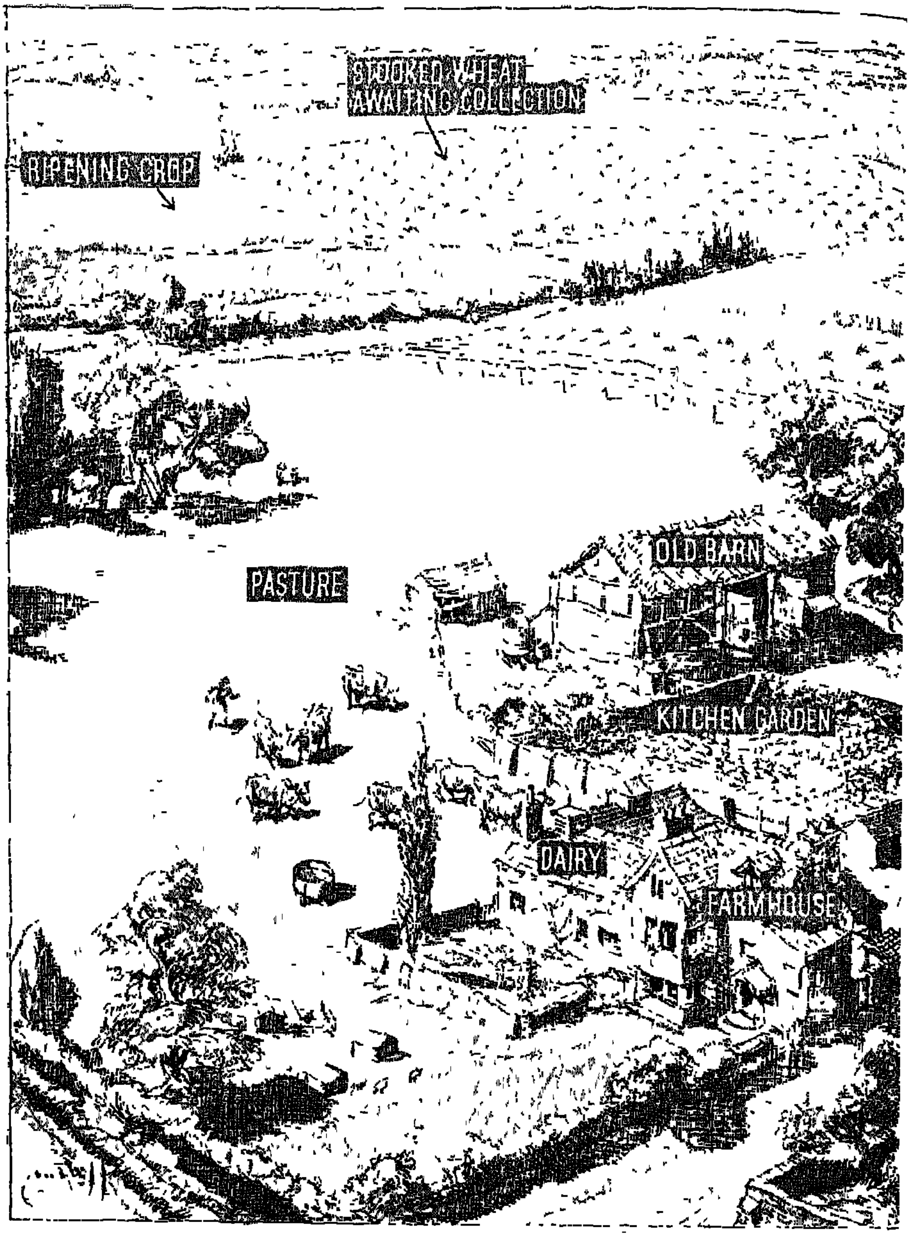
The white-faced Hereford, which has made friends because of its proved beef qualities in many new countries overseas, still provides the prime beef in the Midlands and west Midlands of England, where soil and weather conditions suit the breed

Devon has two breeds—the deep red-skinned beef cattle of the northern end of the shire and the heavy yielding butter-fat



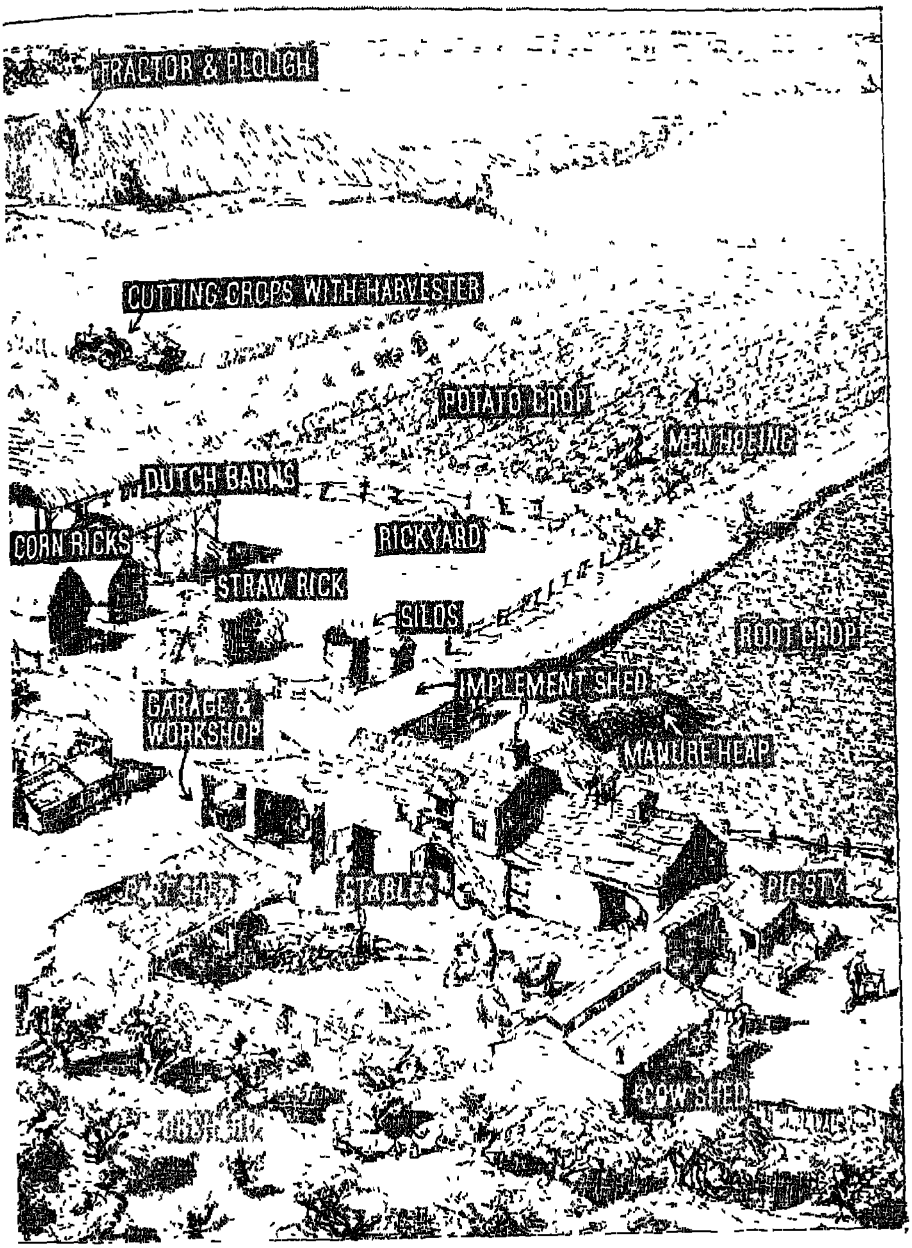
LIFTING SUGAR-BEET

*Sugar-beet has become one of the most valuable crops to the farmer. Above is shown the beet being lifted from the soil in autumn by means of a beet lifter, which is adjusted to work at any required depth Other ingenious machines exist to top the roots either before or after lifting.*




HOW A TYPICAL BRITISH

FIG. 4 *Although the layout and size of a British farm varies considerably according to the district and type of farming suitable to it, the above drawing gives an impression of the layout of a medium-sized farm. From it may be seen the amount of work that is necessary during the summer months, when the farmer and his farmhands must be "on the job" from the crack of dawn until nightfall*




FARM IS PLANNED
*Well-balanced use of the land is shown in the scene above The wheat crop is in process of being gathered in by a tractor-drawn combine harvester, while roots and potatoes are cleaning the land to the right of the drawing, and also providing valuable winter fodder for the cattle and pigs, furnishing an important addition to the produce of the farm and manure for use on the fields.*

producing South Devon, found in great numbers in that part of the county

Sussex (beef), Wales (beef and milk), Aberdeen-Angus (beef), Galloway (beef), Ayrshire (milk), the Highlands (beef), and Lincolnshire (dual purpose)—each has its local breeds, proved through the years to suit their own immediate areas, but the Ayrshire, because of its heavy milking yields, has pushed its way not only over the lowlands of Scotland but even into Sussex, Berkshire, Kent and Essex

Increasing in numbers in the west of England, the south-west and the Home Counties, is the Guernsey, and retaining an affectionate hold upon farmers in many parts of the country are the Longhorn, Belted Galloway and the Blue Albion The last-named, like the Lincolnshire, is of Shorthorn type, having a blue-roan coat, whereas the native cattle of Lincoln are a self-red and primarily very heavy milkers They will also feed up into an excellent carcase of beef

### *Wool and mutton*

There are no fewer than thirty-five breeds of long and short woolled sheep in Britain, for hill, downland or lowland pastures Their names indicate their suitability for their localities, but some of them have travelled very far from their place of origin. The Suffolk and Oxford Down, for instance, have gone to Scotland, the Oxford Down, Hampshire Down, South Down, Shropshire Cotswold and the two Dorset breeds have been exported in considerable numbers to overseas countries engaged in building up their sheep stocks, along with the larger breeds, Romney Marsh, Lincoln and Leicester

Wales has five varieties of sheep within her borders, Devon has four, including the Dartmoor, and there are other breeds peculiar to Cumberland, Lancashire, Wensleydale and elsewhere Scotland's sheep breeds run to about a dozen.

Britain's pigs have fifteen different varieties and for commercial purposes, for early pork and streaky bacon, the changes can be rung a hundred ways Most popular as pure breeds are the Large White, the Berkshire, Essex and Wessex Wales and Ulster have their own breeds, so too have Cumberland and Gloucester, and in Tamworth there is one of England's oldest and best pigs.

Of farm-working horses, the Shire Clydesdale, Suffolk and Percheron fill the farmer's bill as the ideal farm-working horse and the foundation of the trade in street-working geldings There are fifteen breeds of light horses and ponies, many thousands of which are bred annually on farm holdings and some of which play a part in the labour of the farm until they are sold at auction or to private buyers

### *Men who work the soil*

Enough has been said of the broad principles of farming to show the immense changes which have come about during the past fifty years These include a new conception of the duties of the farmer and of farm workers

The modern farmer, be he master or bailiff of a group of farms, or of a smallholding run with the help of his son, has become a highly scientific technician, relying on scientific principles

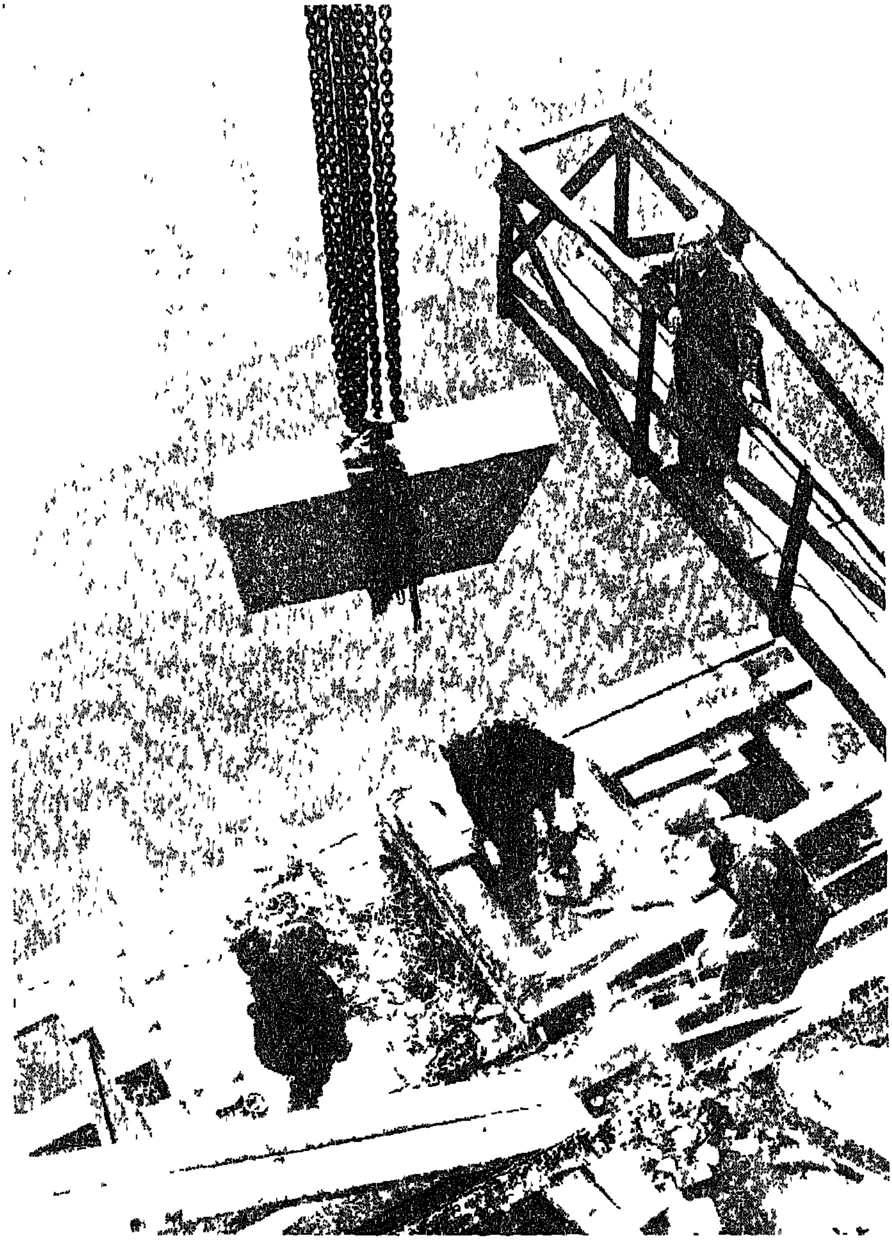
As to the farm workers, increased educational opportunities plus the advent of the machine into the world of agriculture have changed the stolid, inarticulate ploughman, shepherd, or teamster of thirty years ago from a type to an **exception.** Farm workers of to-day are conscious of their craftsmanship and have won much better conditions

But for all this change, the man who works the soil has retained his belief in its virtues As season succeeds season and he sees the timeless working of nature he can but achieve a calm and sober faith



HAND-MILKING

*With her pail and traditional three-legged stool the milkmaid is up at the crack of dawn to begin her duties Hand-milking has been largely displaced by mechanical milking devices which perform the task in half the time, but on some smaller farms with only a few cows, where the necessary equipment has not been installed, the older method is still employed.*



LOWER AWAY!

*Advances are being made in speed of construction and this has been helped by the use of large stones in place of small ones. Mechanical devices now place these correctly and obtain the same result in one operation which formerly took much time and labour. The photograph reproduced above shows how a large stone slab is lowered by overhead crane down to the waiting workmen.*

# BUILDING PROGRESS ORGANIZATION THE KEYNOTE

By ALFRED C. BOSSOM, F R I B A , M P.

*Wide range of new media. Concretes, pressed metal and plastics. Steel frame construction and hollow-tile usage How concrete comes ready-mixed to the job New and old methods of piping. Advantages gained from assembling prefabricated units on the spot. How time and progress schedules make for orderly working*

British building to-day is the result of developments all down the ages and, as the various changes have taken place, we can trace the prototypes of the homes, offices and factories in which we live and work

The investigator is first impressed by the wide range of new media, especially the many forms of concrete, toughened glasses and plastics Concrete, usually consisting of Portland cement, sand, gravel or broken brick and stone, nowadays forms not only the basis of our foundations, but, when cast in slabs, erected in blocks or poured between wooden shuttering or metal moulds, is often used for floors, walls, partitions, roofs and even for fire-proofing Floor slabs are sometimes made out of cinder concrete of which coke breeze or ashes forms the aggregate This was possibly the beginning of the new range of concretes alluded to as being mixed with "light aggregates" The light aggregates include pieces of burnt clay mixed with sand and cement, or a metallic foam produced from molten metal upon which water is suddenly dowsed, causing it to expand greatly Then there are the aerated concretes in which bubbles of air are formed to make it light and sound-proof, the particularly heavy concretes, solidified by being spun or vibrated violently to exclude all air and water, and other concretes with special aggregates for wall treatments which can be hammered or chiselled to look like a sort of stone

The different types of glasses used for windows and those applied to walls to protect the plaster from splashes, are gradually being replaced by new materials known as plastics, some of which are transparent and can be either light, heavy, fire-proof or inflammable in fact, an entirely new range of substances whose possibilities are only just being investigated Given consistent progress, it may be expected that such extensive developments will take place in the plastic industry as will enable us to have, if not houses themselves built entirely of such materials, at least interiors fashioned largely from them

### *Modern construction*

One of the main modern elements of construction is the fire-proof terracotta block or hollow tile (Fig. 4)

Where partitions were built of wooden studs, lath and plaster, they are often now made of these tile blocks with a layer of plaster applied on either side Such partitions are fire-proof and it is not uncommon for a fire to burn itself out in one room so constructed without spreading The same applies to floor and wall construction Terracotta blocks can be lodged in between the steel beams and so

form the structural part of the floor, while walls built with brick or stone exterior layers are often lined with terracotta blocks This forms a weather- and fire-proof construction and is, at the same time, much lighter in weight

Almost without exception outer walls were in the past of heavy brick or stone construction, when not of timber or wattle-and-daub Latterly, however, a frame of steel has steadily grown and advanced in popularity This is made of beams rolled out in all sorts of sections—H, L, T—to which plates are either riveted or bolted Where steel columns or stanchions are used, they are frequently protected against the risk of damage by fire by being enclosed in a layer of two, three or four inch terracotta blocks as has been described above

## *Electricity's part*

This brief survey of newer elements which have so revolutionized building methods during the last few years cannot be left without touching on electricity which has, in turn, introduced to the home new forms of heating, lighting, cooking, refrigeration, vacuum cleaning, ironing, washing, sewing and so forth Its installation into premises necessitates a special form of insulation to prevent fires, and bendable pipes made of spirally wound metal are frequently used

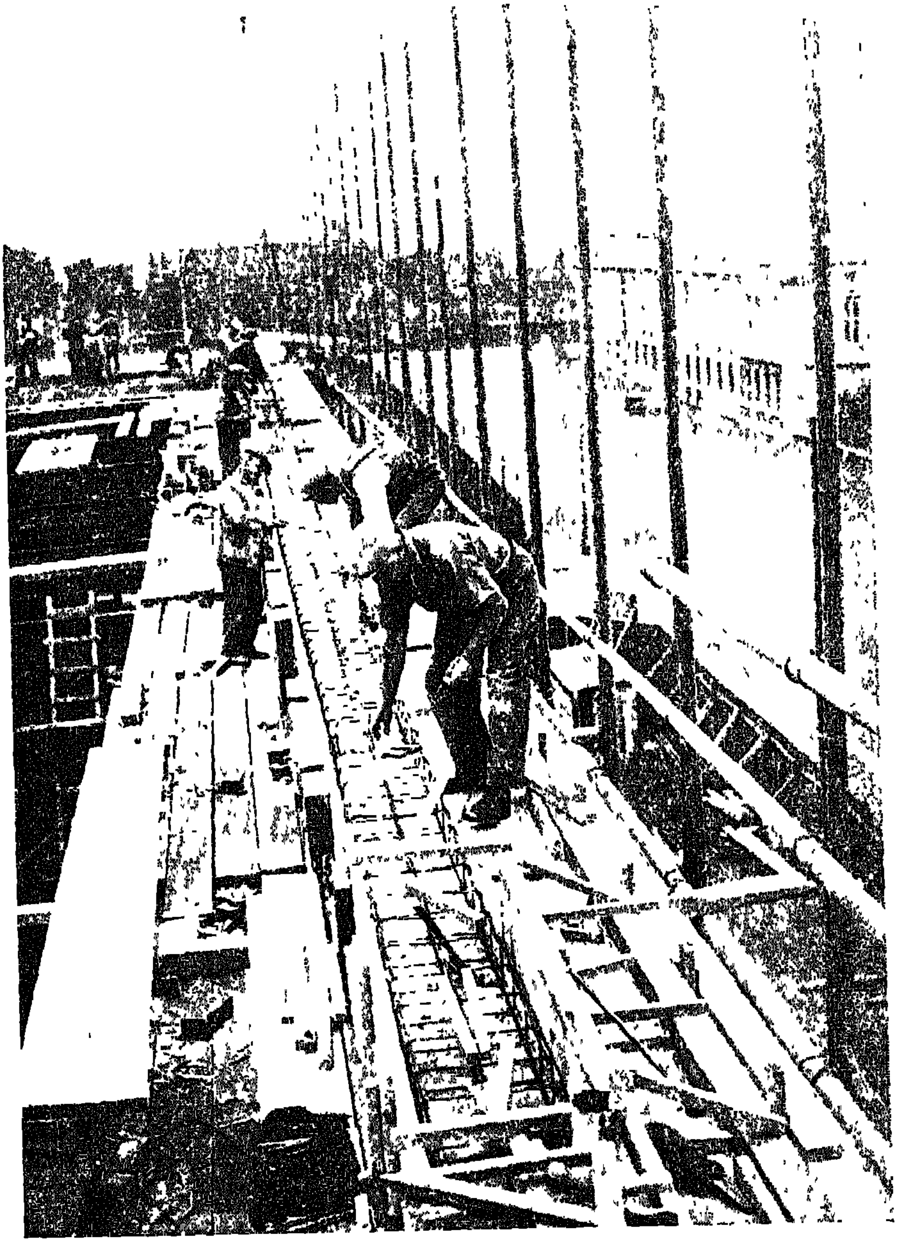
The great majority of parts going to make up a structure are made in factories —doors, window-frames, closets and cupboards On this principle we have what is popularly known as prefabrication or "pre-assembly" (Fig 3) This method, already in being, is capable of great expansion On the same principle, practically every ingredient that makes a building may be completed in some workshop or factory and brought to the site ready for assembling, thus enabling all construction work, if properly organized and supervised, to be completed without delay Nowadays, mortar is brought to the job ready mixed, lighter concretes used on big jobs can be supplied from some central factory, where they have been scientifically prepared, being thoroughly mixed in revolving metallic drums while in transit to the job on hand

## *Accessible piping*

For the last hundred years lead pipes have been used, joined with what is known as a "wiped joint," *i e* , hot solder wiped round the pipes where they meet Though this made a perfectly good joint, it proved difficult if things went wrong, for the pipes themselves were in the walls These difficulties are no longer with us for lead pipes with their wipe joints are fast disappearing and pipes are either of copper or, preferably, of wrought or "black" iron Nowadays, measurements are taken of where the pipes will have to go, they are cut to these lengths, have screw connections fitted away in some factory, and only have to be brought to the site for fixing with the necessary screw unions The advantage of the new system is that in the event of anything going wrong, fittings can be taken out and new sections put in

## *Building units*

To turn to building units going into the interiors of buildings entire sections can now be made in factories The essential fittings of a kitchen can be fixed to one side of a wall, and on the other side of the same wall can be fixed the essential fittings of a bathroom Attached to this section of wall on the kitchen side would be the range, refrigerator, sink and so forth, and, on the bathroom side, the bath, w c and wash-basin After bringing this section with its attached fixtures and standing it in place, it can be bolted to the surrounding structure, about five pipes for hot and cold water and waste connected up, electricity and gas also

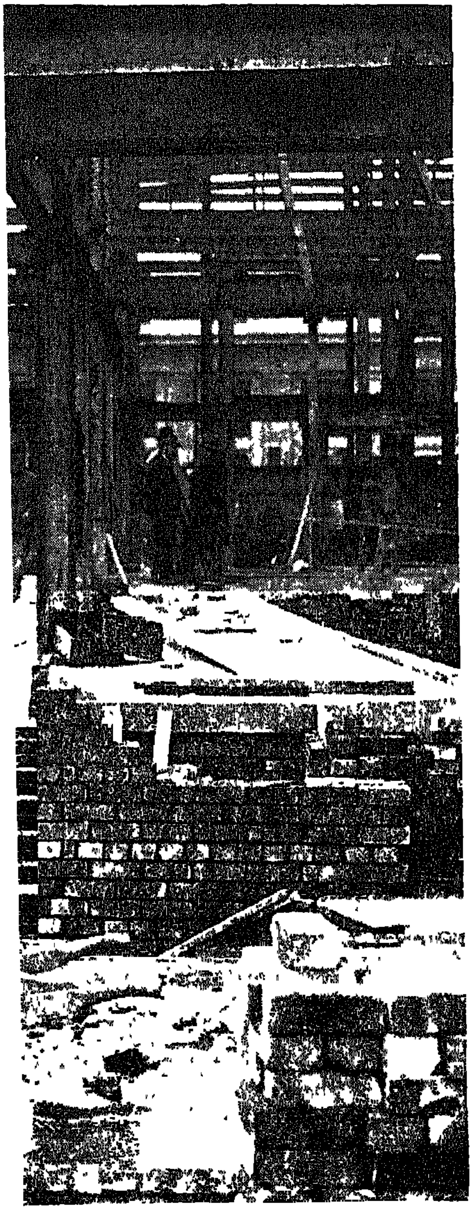


REINFORCING WALLS WITH METAL

*In the above photograph may be seen metal reinforcement applied to wall construction. This method gives an increased ratio of strength to thickness, and the consequent saving of valuable space on the outside walls makes more available inside the completed building The characteristic scene illustrated shows work in progress on an important civic building in the provinces.*



connected up—and you have a completed bathroom and kitchen fully equipped and installed in about two to two-and-a-half hours in a single comprehensive operation. The erection of a modern building is an intricate procedure If the structure is of a large and complicated type, no less than thirty-two trades, each with its own separate group of mechanics, tools and materials, have to play their part. Even a



BRICKLAYERS TAKE OVER

*With the framework in place, the bricklayers are working on their part of the job In erecting such a building thirty-two trades may be involved*

simple agricultural cottage requires over a third of this number and, in every instance, the architect should prepare drawings clearly illustrating what task each particular trade will have to do

Such an undertaking is properly worked out on what is termed a "time and progress schedule," indicating the date on which each trade on a job is to commence, each of its intermediate stages, and the date of completion, so that all concerned can know when their particular part of the work must be ready and can estimate the number of mechanics needed at any particular period Our good builders are thorough and most of them work out graphs of the progress of their work, but very few do this before the work starts on the site, few define the time when each group of tradesmen should enter upon the work, when the material they will need must be delivered, etc., so that the entire building fits like a jigsaw puzzle

Let us now take a minor cottage as a basis for discussion and briefly scan the various operations After selecting and approving a site, the top soil containing vegetable matter is removed and the area to be occupied by the building staked out If there is no cellarage, the foundation lines are then marked and trenches are cut to a depth of about two to three feet below the level of the cleared site At the bottom of each trench is deposited a layer of concrete made of cement and sand, and broken stone, broken brick or gravel, to a thickness of six to nine inches, according to the height and weight of the walls. The width, determined by the bearing strength of the soil, would be about two-and-a-half times that of the wall to be built upon it This concrete foundation makes a sort of beam all around the site so that the walls cannot move from the position in which they are originally erected. When this concrete slab is set, assuming the building is to be a straightforward brick construction, layers of

brick, double the width of the wall to be superimposed, will be laid and stepped back, course by course, until they are the width of the wall itself The object of this is to make a spread foundation which will distribute the weight

### *Making a "damp course"*

The wall itself is carried to a certain height above the finished level of the ground, and at this point is introduced a damp-proof course (Fig 1) taken right through the wall so that no dampness from either inside or outside can soak up past it Thus no moisture from splashes or by capillarity can be sucked up into the wall, rotting the floor beams and saturating the plaster and other inside treatments The damp-proof course is made of lead, slate or other materials, such as bituminous felt, carried right through the wall to prevent rain or dampness penetrating through the general surface of the wall above Sometimes the wall is built in two layers with an air-space between

At an appropriate level, ground floor beams of about 1 ft 3 in to 1 ft 6 in set centre to centre are installed and run from wall to wall For a long span they often rest on "sleeper" walls—low supporting walls built in between the main walls to carry these floor beams As the wall continues to be built, it has to be kept square and plumb so that it is strictly vertical Doors and windows are usually brought to the job in their frames and are set in the walls, and the brickwork is then built up to them Where the wall is hollow, burnt brick earth, terracotta tiles or metal distance pieces hold the two thicknesses of wall together As the wall is built, in it should be left channels or chases in which plumbing pipes, electric wiring tubes and water pipes can be placed later on

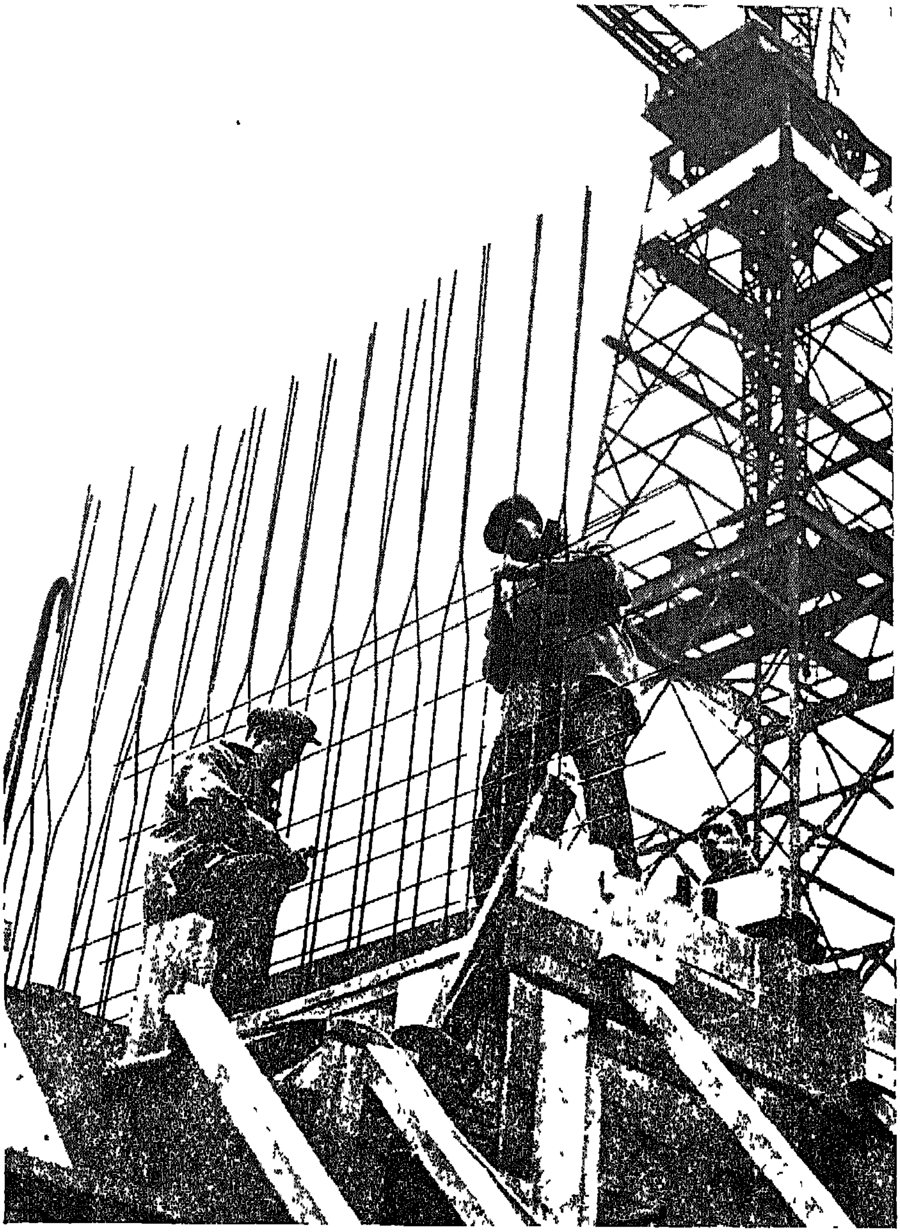
Below the ground floor there should be, and usually is, a layer of rough concrete on either side to protect the beams and floor itself against fungus, dampness and rot setting in In well-built houses or cottages there should be a double floor over the beams first a layer of rough boarding and then a finished one The rough or under flooring is used by the workers to walk on in finishing the building whilst the finished floor is put down later

Internal partitions may be of wooden studs about 2 in × 4 in, placed 1 ft 6 in—2 ft 6 in, and centred vertically To these are nailed on either side rows of wooden laths upon which there will ultimately be two or three coats of plaster—a rough coat, a scratch coat and a finishing coat The same lath and plaster treatment is applied underneath the first floor beams to form the ceiling Doors and their frames are set in these partition walls as the partitions are built

First floor ceiling rafters are placed across the building to rest on the partitions and, when this level is reached, a wooden wall plate is placed on the inner face of the wall from which is erected the sloping roof timbers These vary in size according to the span they have to cover, but are seldom more than two inches thick and five to seven inches in depth, and reach up to the ridge piece. The roof joists are held in rigid position between the wall plate and the ridge, and to them are nailed either diagonal or wooden strips to carry the roofing itself.

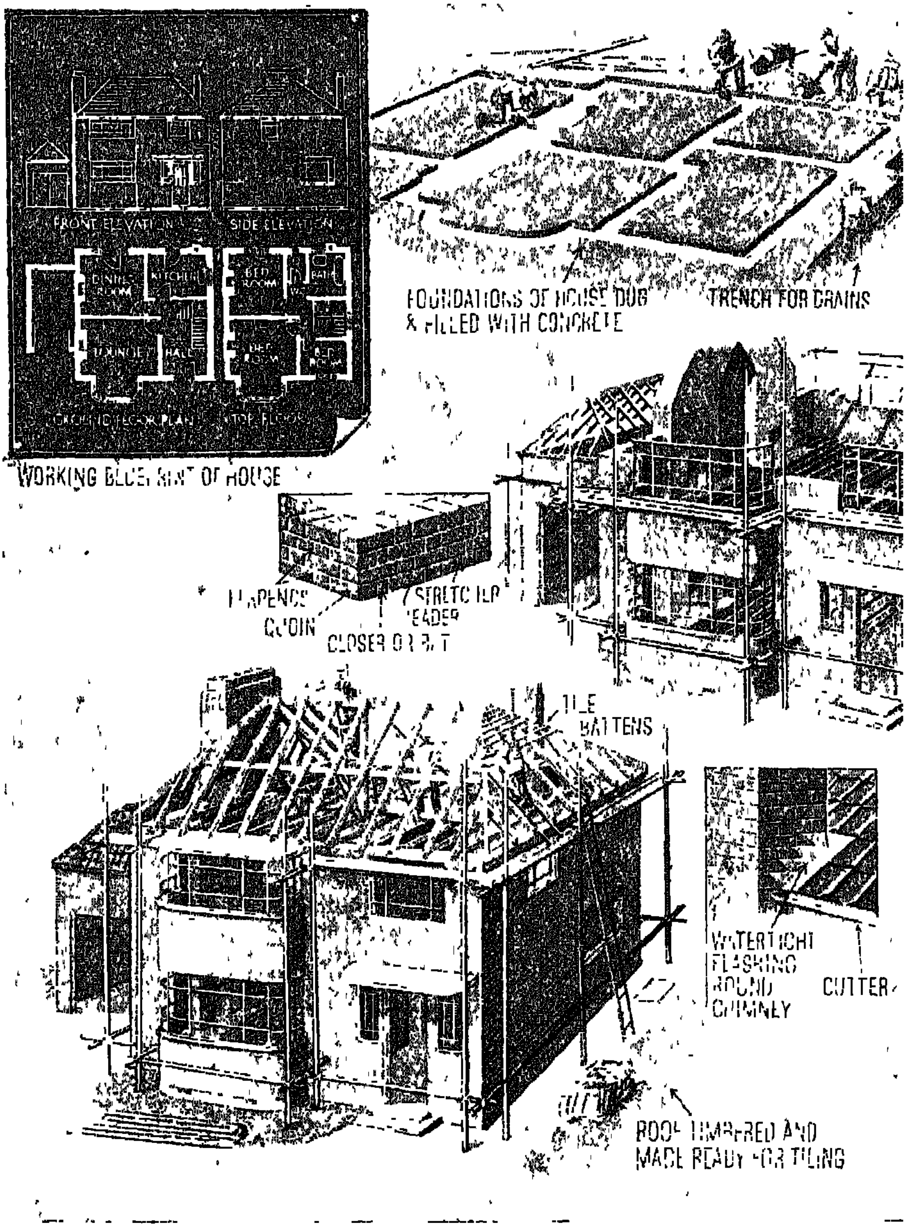
### *Good mortar essential*

There are a hundred different ways of doing almost any of the work in connection with a building of this sort, but it is imperative that the brickwork shall be carried up between the ends of all beams and roof timbers, so that there shall be no spaces left for draughts, or where the wind could lift the roof off. All brickwork should also be well flushed with good mortar made with cement, for it



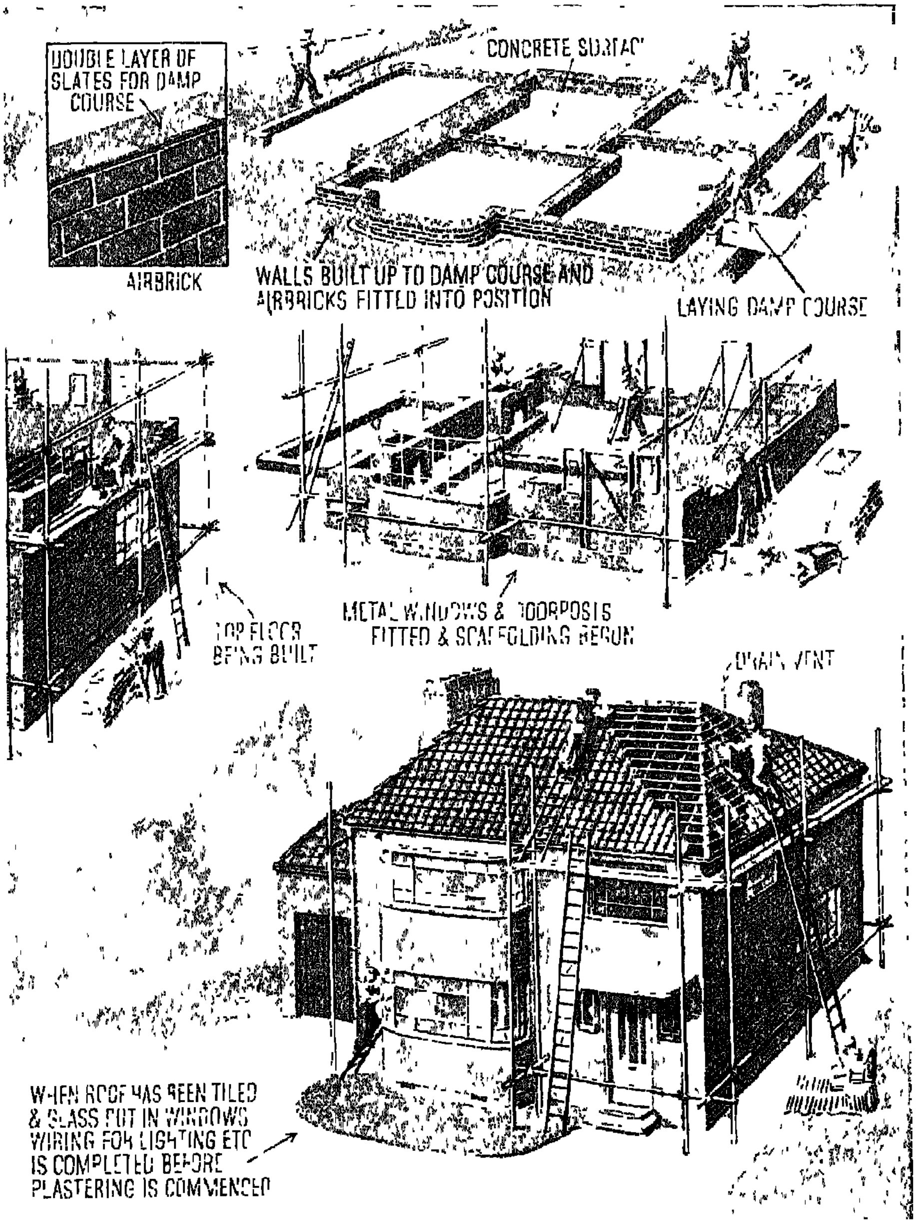
GETTING READY FOR THE CONCRETE

*The above photograph gives a very clear impression of the sequence of work involved in reinforced concrete building Workmen are shown tying the horizontal "distance pieces" to the upright metal supports with wire. Wooden shuttering will presently be erected and filled with liquid concrete, in due course to be dismantled when the concrete has set hard Thus do such structures grow.*




HOW A HOUSE IS BUILT

FIG. 1. *Step by step, we see the growth of a house—not of "prefabricated" type, but of ordinary brick. Even the erection of a simple house demands—or should demand—careful planning and skilled handling in every detail of its construction. Gone for ever, it may be hoped, are the bad old days when houses were too often cheaply "run up" without recourse to a qualified architect*




FROM FOUNDATIONS TO ROOF

*Above, the normal development of an average two-storey home from the plans to putting on the roof tiles is traced in a series of stages Roofing, glazing and wiring, however, do not complete the work as plastering and general interior decoration have still to be carried out in all details, before the building is ready to receive its first occupants and become a centre of family life.*

has been proved that buildings of cement stand shocks infinitely better than those finished with the old-type lime mortar The bricks themselves should be hard and should have almost a metal ring when struck with the mason's trowel

### "Struck" or "pointed"

It is better for the mortar between the bricks to be carried out to the face of the fork and "struck" as the bricks are laid This means either running the trowel along the edge of each course, or using a jointer between each course in order to compress the edge of the mortar and render it as waterproof as possible In the majority of cases, the system adopted is to leave a space which is "pointed" as the scaffolding is finally taken down and the brickwork cleaned This probably makes a neater job but, scientifically, is not quite as good as the other method, though each can give full satisfaction if skilfully handled

With regard to the tiles or slates which form the covering of so many roofs, it is usual to place at the bottom, just against the gutter, what is called a "tilting fillet" to cause each tile to bed itself against the layer or course below as closely as possible, so making the roof weatherproof A similar fillet is applied on the top where, before the tiles or slates reach the ridge, there is another small fillet to throw the top edge of the top course up a little and make it, in turn, bed itself more firmly upon the course below. By this means, the roofing material forms a slightly concave surface, and the top of the ridge is treated with a semi-circular covering tile bedded in cement Or a sheet of lead is carried over the ridge and under the slates or tiles, and on this a circular, roll-like ridge-piece of wood is nailed, then, on this again, another piece of lead is beaten so that water falling on the juncture at the top of the roof cannot possibly enter the building

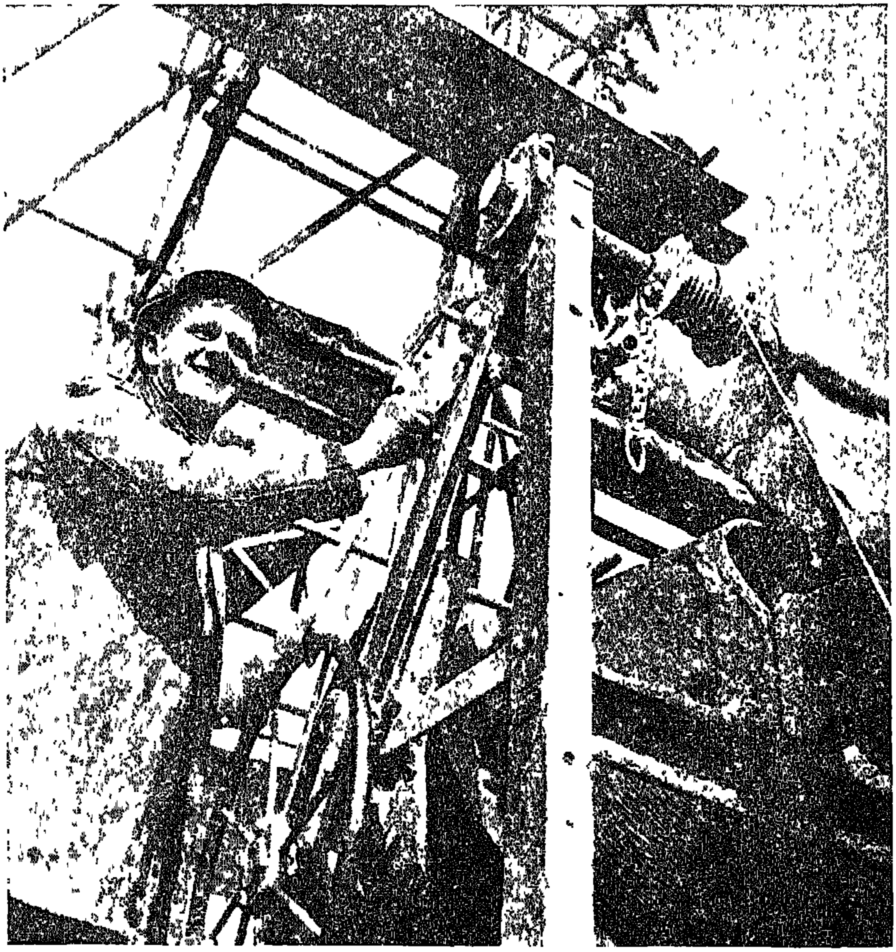
Where it can be afforded, glazed tiles are, of course, preferable on the walls of bathrooms and kitchens, though plastics are beginning to be used in ever greater quantities Plastics in sheets can be satisfactorily applied to kitchens, bathrooms or corridor walls, in other words, materials unaffected by damp, heat, wear and tear are undoubtedly preferable on surfaces where such conditions are prevalent. Where there is a lot of splashing, ordinary wooden floors are not considered suitable but, if wood is used, it is better to have a heavy linoleum covering, or even better still, tiles laid on cement form a very suitable flooring When the floors are down, connections for electricity or gas, and appropriate picture moulds and skirting boards are fitted, but these should be fixed to plugs installed prior to the plastering

Where there are chimneys, however, great care has to be taken that they are so jointed up that no sparks can work through brickwork crevices and set fire to nearby roofs or floor beams. There is not now the same number of fireplaces in a house as at one time, and more and more places are being heated by electricity, gas or water, while the time may not be far distant when continuous hot, as well as cold, water will be supplied to the great majority of our houses by the municipal authorities of the area.

### Pressed metal and plastics

With the ever-widening use of pressed metals, we may expect many new types and forms of built-in furniture in this medium as well as fashioned from plywoods, plastics, etc , which will in the majority of instances form part of the original house

There is a great need, which is steadily being met, for rooms to be soundproofed This is done by applying various wall plasters or boards of an aerated fibrous material, or of aerated concrete

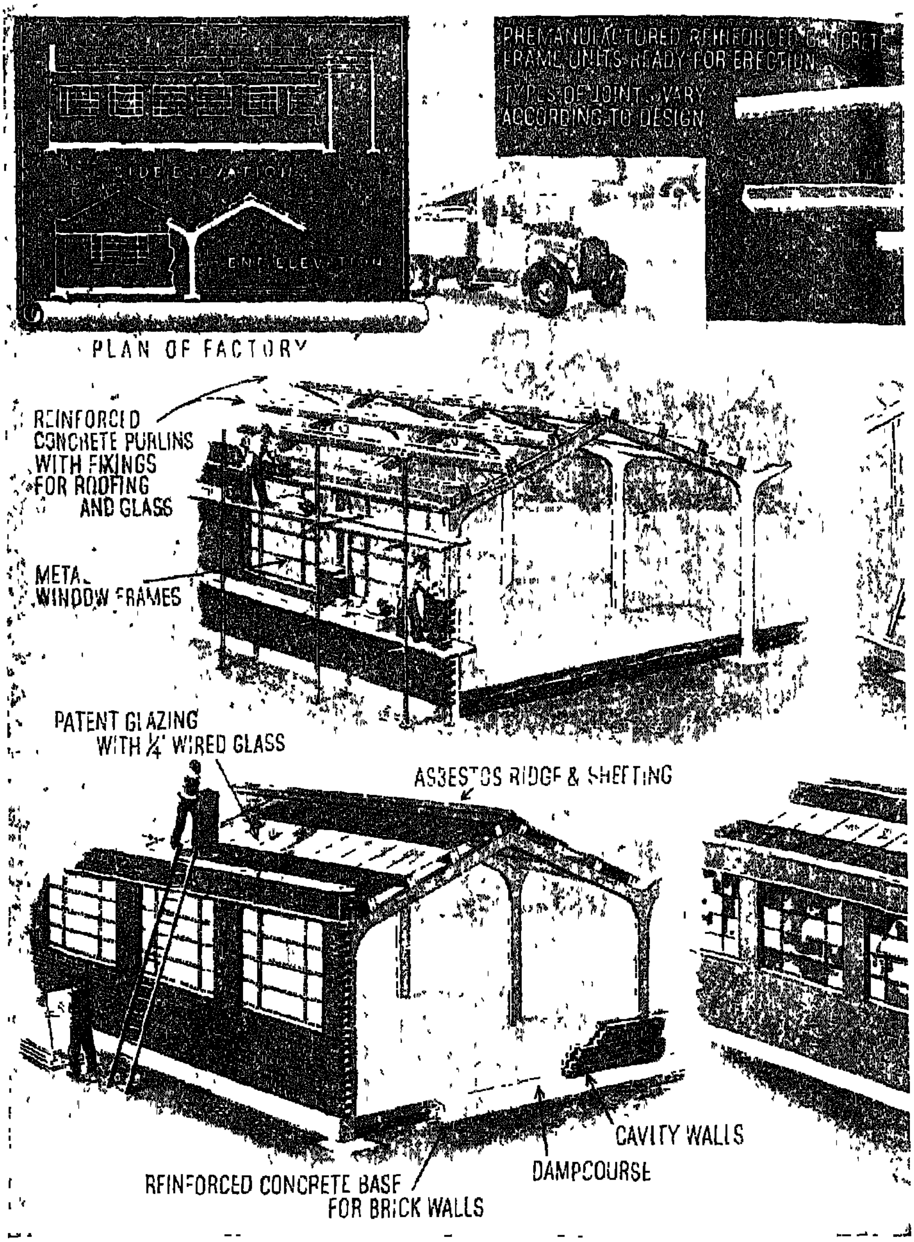


CONCRETE MIXER

FIG 2 *Though lighter concretes for big jobs can be supplied from some central factory, and mixed in revolving drums while in transit to the site, the mixer on the spot remains a familiar feature of many building operations, such as is seen in the above picture of cheerful efficiency.*

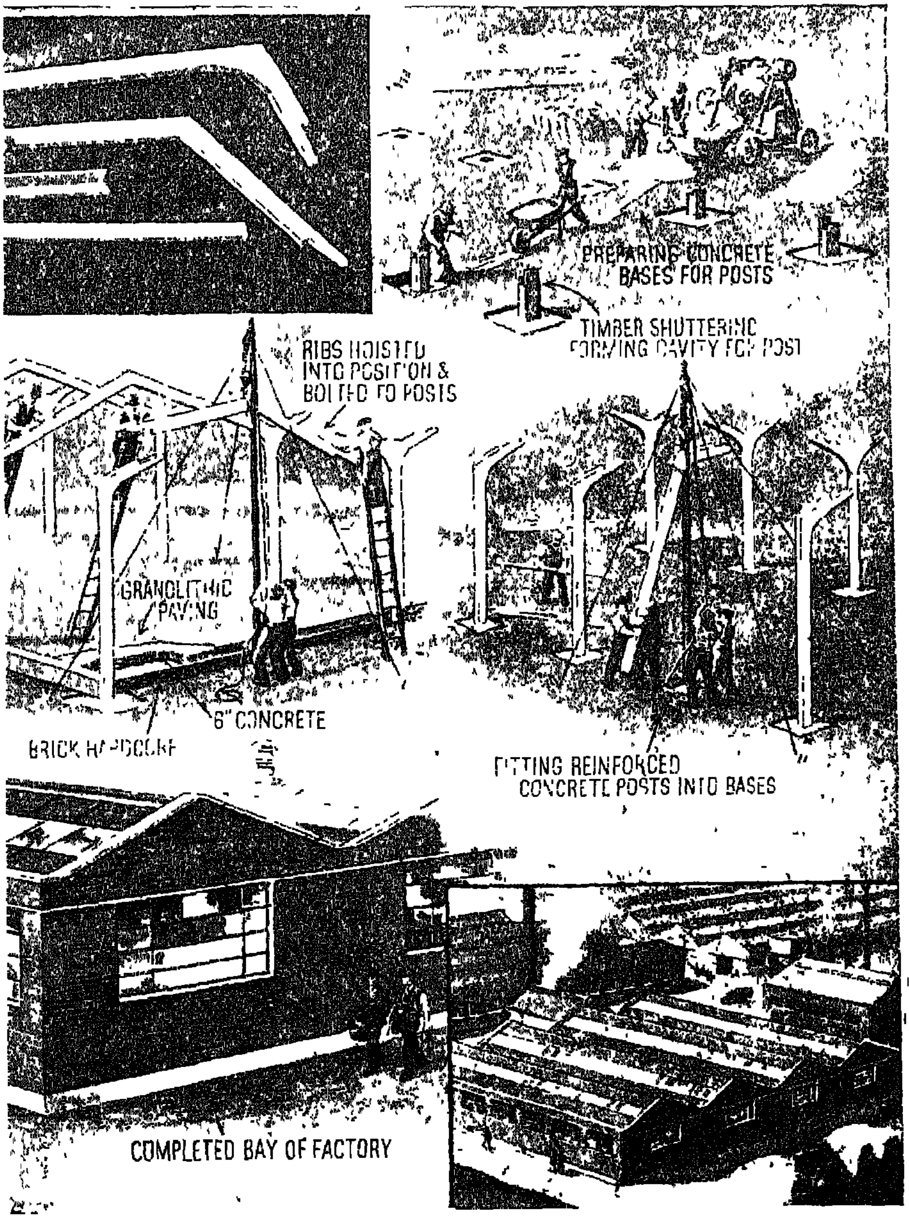
made by a chemical process in which the water in the material is separated into its component parts of hydrogen and oxygen to form bubbles in the concrete, thereby making it a sound-resisting fabric Then is followed the same sort of procedure as that followed for the hollow exterior brick walls, for the air spaces, though not creating vacuums, prevent to a large measure the passage of noise, a detail of considerable importance

Practical endeavour has shown that the shell of the home itself can be constructed more on the basis of an ice-box the skeleton, side panels, top and bottom all being of insulated materials so that room temperatures can be regulated just as desired Draughts, always a great




ONE WAY OF BUILDING A FACTORY

FIG 3. *Factories can be built in more than one way, from the "flatted" to those in simple bays In erecting such a factory as that seen above, prefabricated frame units of reinforced concrete are brought to the site and there placed and bolted in position, before the brick outer skin is applied, metal window-frames are inserted, and roofing and ventilators put into place*




REINFORCED CONCRETE AND BRICK

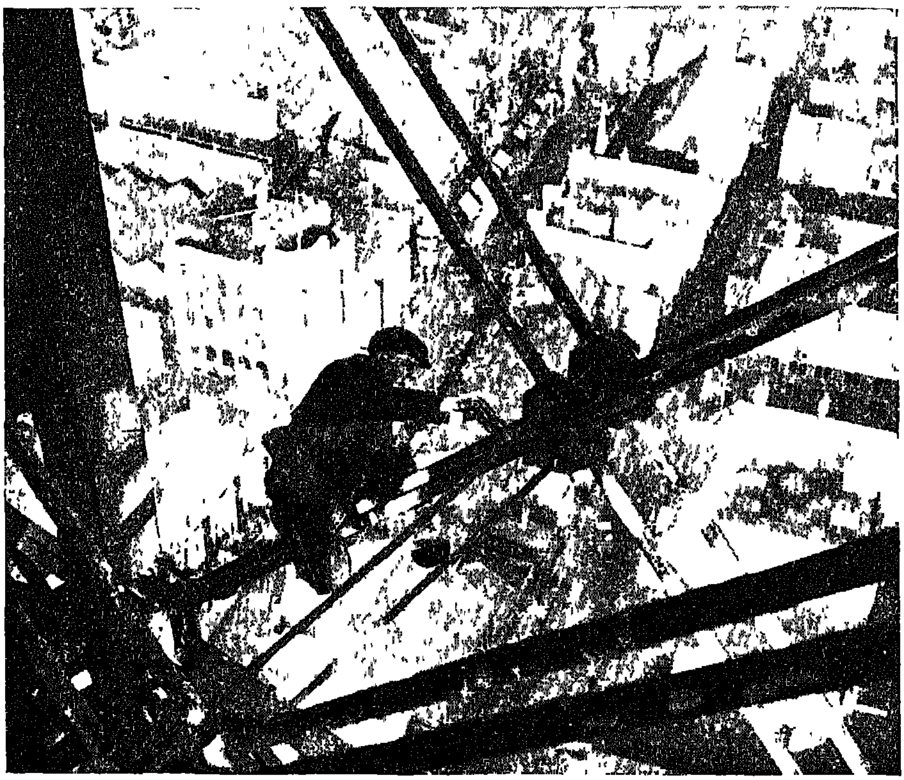
*By such means can a factory be swiftly and surely constructed, though prefabrication can be carried much further than is shown in the above relatively modest example, which has been designed and pictured specially for the present book under expert architectural supervision Note how the repetitive design of this factory makes it capable of almost limitless expansion.*

difficulty, can now be overcome by introducing appropriate weather-strips around exterior window- and door-frames Also there should be another strip projecting into the brickwork from the back of the wooden frames, which should be firmly cemented in so that there is no through joint behind either the door- or window-frame, or through the door or window.

### "Flatted" factories

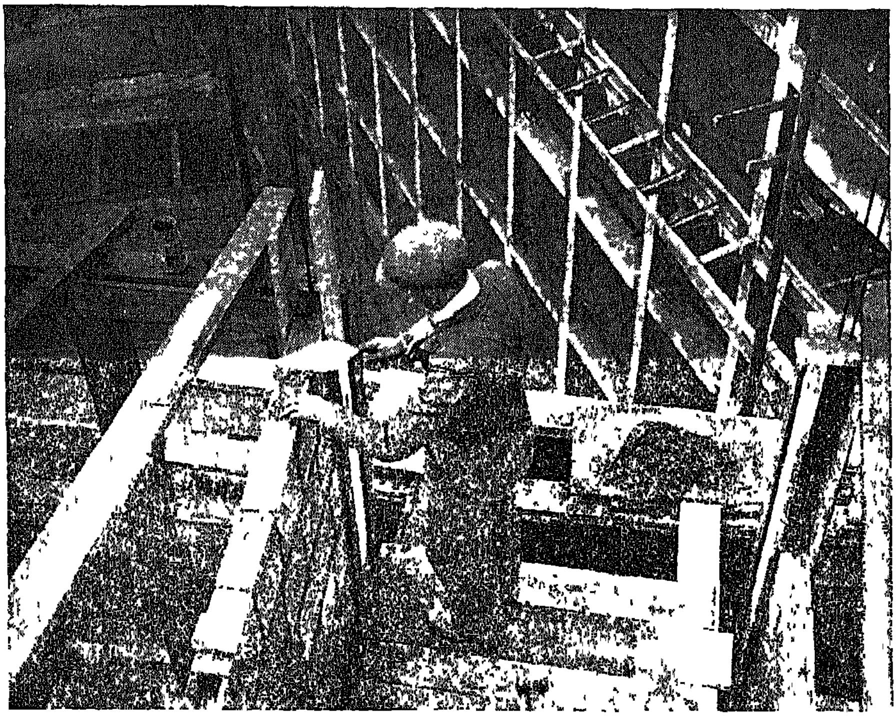
Many of our factories, employing to-day from 10 to 200 workers, have grown up in the backyards or in residential property Frequently ordinary domestic houses have been converted into workshops and remarkably good results have been obtained under these abnormal conditions, but at what a cost in toil and sweat on the workers' part! In the latter half of the 20th century this will no longer be excused or justified Other countries have faced this problem with marked success and, by employing something like what is now known as the "flatted" factory, better results could be obtained in Great Britain

A "flatted" factory is somewhat similar in principle to a series of flats, and a number of different firms can occupy the same building Such a structure is, usually, approximately six stories high.



AT DIZZY HEIGHTS!

*Work on a structure does not necessarily cease with its completion. Maintenance may have to be considered Above, for example, a painter is seen at work on exposed ties of steel that, with periodical repainting, are capable of a long life. Often such tasks demand a very cool head!*



HOLLOW TILE USAGE

FIG 4. *In frame construction, the lighter the building or walling materials, the less substance is required in the frame itself and the less weight is placed upon the foundations of the building. At the same time, new treatment of bricks provides much better sound-proofing and heat insulation.*

It is built on a steel frame, fire-proofed and has the "sprinkler" system It provides adequate working accommodation, is well lit with natural light on all sides, is equipped with good heating, ventilation and sanitary arrangements and has its own freight and passenger lifts, with rest rooms for the staffs of the various concerns it happens to house. Indeed, if not actually making work a pleasure, these advantages certainly obviate a great deal of needless and wasteful drudgery

### *Health and progress*

Such a building can be equipped with all the necessary machinery and tools, and, being freed from sub-dividing partitions, it allows for expansion when a firm prospers or when other tenants move out, without wastefully cramping workers and equipment alike

When such arrangements become more universal, they will undoubtedly go far towards improving the health of operatives, increasing output, and reducing costs of manufacture and overhead charges. They will, therefore, aid in maintaining our standard of living which will only be possible if we can sell our goods abroad at a fair competitive price as compared with those of other countries Such results can only be achieved under the very best working conditions possible and it behoves British industrialists to study their workers to the best of their ability, in the interests of all concerned



A GREAT TRADITION

*Carrying on Caxton's craft, with different methods, maybe, but in a full sense of participating in a great tradition, this stereotyper examines the mould he has just removed from a forme of type. Cast from the mould, a stereoplate is used for actually printing these four pages from an English Bible—a best seller for four hundred years. Not only a great industry but a mighty force in intellectual affairs, printing comes close to artistry in its demands on taste and skill.*

# THE STORY OF PRINTING

Compiled by HARRY WHETTON

*Inside a typical printing works How type is set up by hand and machine. The craftsmen and their respective duties. Proof-reading and make-up. Work on the "stone." Printing machines—from platen to giant rotary. Stereo- and electro-plates and their making. Reproducing illustrations. Marvels of the half-tone block process.*

PRINTING is a necessity alike to peace and the conduct of war At once a craft and an industry, a mainstay of literary expression, reportage, the dissemination of ideas and the spread of education, it is uniquely important.

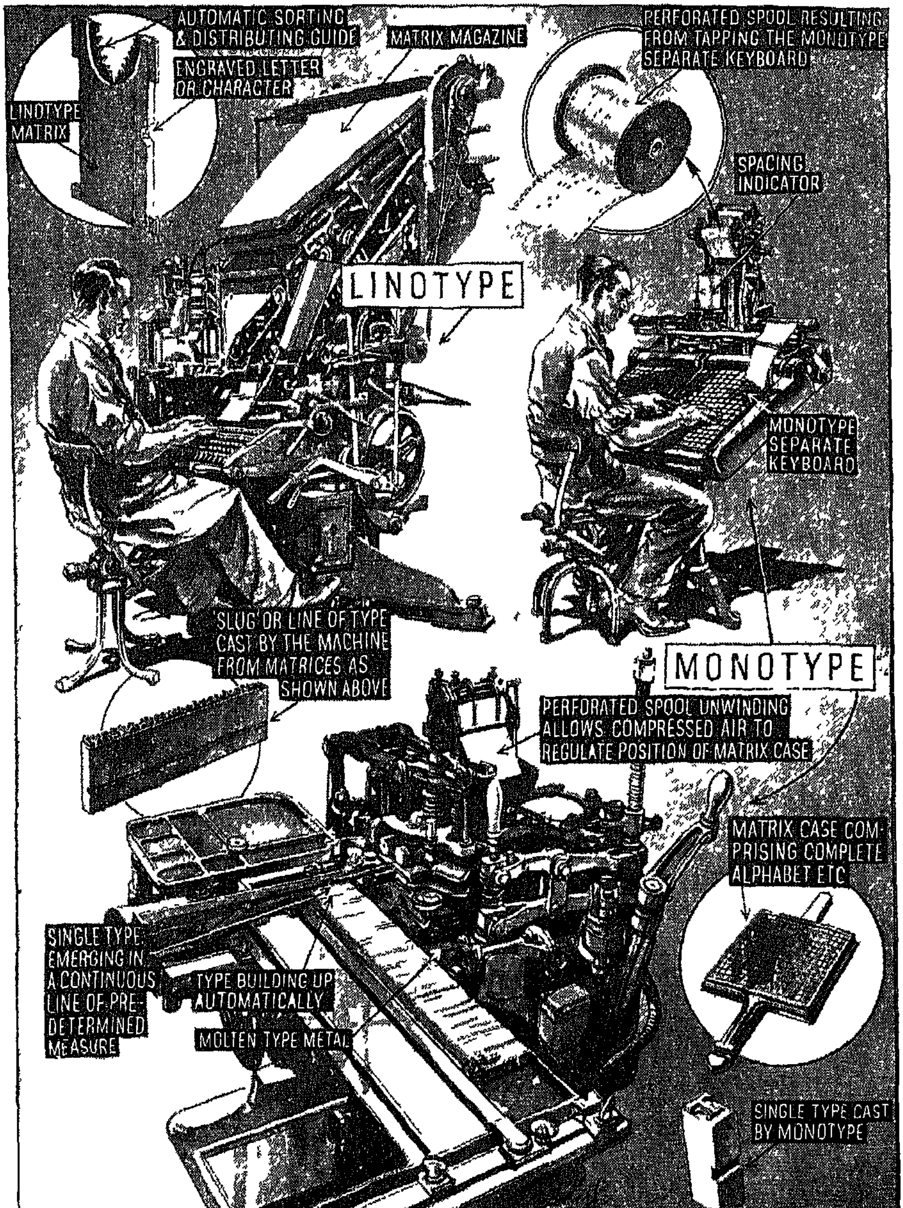
To gain any idea of how printing appears to the "man on the job," we must go to the actual operatives By way of a start, let us take that bedrock of the industry—typesetting To watch this process, we must visit a composing room, where the "comps"—no printer or journalist ever calls them "compositors"—are at work. There are many kinds and sizes of composing rooms, the one we are visiting being that of a magazine which is just going to press, or, in printers' language, being "put to bed"

Type assembly is by hand and by machine. This man, standing in front of a pair of type-cases and lifting pieces of type into a metal "composing stick," is setting headlines for an article These he places on a tray called a "galley," and there they remain until the "make-up man" is ready to make-up the page

Here comes the make-up man, with a long column of type on another tray called a "slip galley." See how adroitly he lifts the type, a dozen lines at a time, from the slip galley on to the make-up galley In this case the lines consist of separate lines, that is, each line of type is a solid slug of metal, set on the linotype (line-o'-type) machine (Fig 1) Sometimes type is in separate characters as in Caxton's day, though nowadays movable type can be set at the rate of many thousands of letters an hour by means of the monotype machine As its name indicates the monotype furnishes separate types, and, although utilized in some newspaper offices, is chiefly installed in general printing works and those undertaking book and publicity literature

The principle of the monotype system consists in the casting of type characters by means of a corresponding series of perforations on a paper reel—these perforations being produced by the depression of keys on a keyboard, which is operated in much the same fashion as a typewriter Thus the operator has in effect a type foundry under his hand, for when the perforated reel is transferred to the machine called the caster and brought into contact with the matrix case, single type is correctly and automatically set with marvellous precision and accuracy, as is seen in Fig 1

When (to return to him) the make-up man has placed enough matter on the make-up galley to fill the first column, which he measures for correct length by means of a type-gauge, he places a "reglet" (a strip of wood) or a strip of metal along the full length of the column. This strip




AUTOMATIC TYPE SETTING

FIG 1. *Illustrated above are two methods of setting up type automatically which for general purposes have displaced hand setting The Linotype machine sets up and casts individual lines of type into metal slugs in one operation Monotype machines operate in two processes, each letter being cast into a separate slug which can be changed without resetting the whole line*

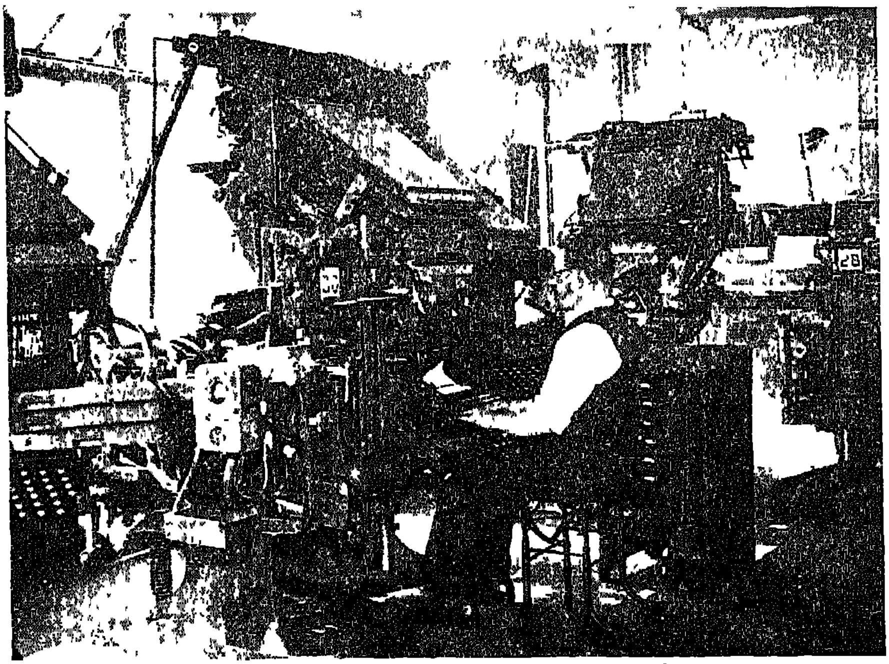
of wood or metal, being lower in height than the type-face, fulfils two purposes (*a*) to support the next column, (*b*) to act as a space between the columns

In this case the page consists of two columns, and when the make-up man is satisfied that it is "O K for depth," he produces a piece of strong thin cord (a "page-cord") and secures the page as a whole by tying it firmly round the whole of the page which is supported broadwise by a reglet at top and bottom

When a column of type comes from the linotype machine it is proofed on a long slip of paper called a "galley-proof" This is handed to the reader with the copy

This man in a cubicle, surrounded by proofs, "copy," dictionaries and other books of reference, is the corrector of the press, or printers' reader His task is to see that everything printed is correct in all details It is a rule in printing, that except in certain special cases, nothing can go to press except on his signature The proof is compared with the copy by the reader, who has an assistant (a "copy-holder") to read the copy to him while he reads the proof When he is satisfied, he marks it at the top with the sign "1st" ("first proof") adding his initials and the date When the proof has been corrected by the compositors, they "pull" another proof so that the reader may check the corrections This done, he marks the proof at the top with an "R" ("revise") again adding his initials and the date

When the make-up man has made up his page, he pulls a proof of it ("page proof") and hands it to the reader with the proof marked "R" The reader checks any



LINOTYPE OPERATOR AT WORK

*A Linotype machine, the wonderful workings of which are explained in the drawing on the opposite page, is here seen in action Note the "copy" which is clipped in front of the shirt-sleeved operator, whose fingers quickly and accurately tap the appropriate keys in front of him*

necessary corrections and "reads the page for press " Then he writes "Press" at the top of the proof, adding yet again his initials and the date. The page is then ready for press.

### *What happens on "the stone"*

Now we must go to the centre of the department where men are gathered round "the stone," a large table with a metal top, two or three inches thick, the surface of which is dead true.

The make-up man slides his corrected page on to the stone and pushes it into its appointed place, which is marked with chalk. Magazines usually go to press in series of eight or sixteen pages, these being the most convenient numbers for the purpose of folding

In the case before us eight pages—the first "forme"—are going to press A forme comprises the eight or sixteen pages, and so on, held firmly together in a "chase" (a metal frame).

The men round the stone are called "stone hands " They are expert in the positions in which the pages must be placed so as to fold correctly when printed They are expert, too, in handling type They untie the page-cords after "dressing the forme " Dressing the forme means placing pieces of wood (lower than the type-face) between the sides and heads of the pages so as to allow for correct white margins when printed These pieces of wood go under the name of "furniture " Then each page has a "sidestick" placed along its length and a



LOCKING UP A FORME

FIG. 2 *Having arranged the pages of type on the "stone" in the appropriate order for printing, the compositor locks up a "forme" of eight pages in the "chase," or metal frame. He is shown hammering short wooden wedges, known as "quoins," into the spaces left between the frame and "sidesticks "*

footstick against its foot Side-sticks (of wood or metal) are in the shape of long wedges It will be obvious that the space between the edge of the metal frame and the nearest edge of the sidesticks, and footsticks, will be wedge-shaped too Into this space are fitted "quoins," which are short wooden wedges (Fig 2)

Before the quoins are finally driven home, one of the stone hands "planes down the forme" That is, he places a specially made piece of wood (the "planer") on the face of each page in turn and firmly taps it with the mallet This ensures a true printing surface

Meanwhile, others of the staff are getting other sections of the magazine ready for press. A comp is walking from type-case to type-case, selecting suitable type for an advertisement which he is setting. A clicking noise tells that a linotype machine is operating, a *chug-chugging* that the monotype casting machine is turning out separate letters at incredible speed—letters that mechanically arrange themselves in lines and columns A drone-like sound comes from the copyholder reading "copy" to the reader.



COMPOSITOR AT WORK

*Above is shown a last-minute correction in the "forme" being made by a compositor before it is finally passed for press*

The men employed on the magazine—comps, stone hands, readers, linotype and monotype operators, etc., are called a "ship," short for a "companionship" The man in charge of the ship is a "clicker," sometimes called "the printer"

Now for another look at the linotypes, as shown in Fig 1 Use of the linotype has ousted hand type setting for newspaper production. And not only for text as such, but display heads and much of the material for advertisements

The machine is self-contained, in that it operates from a keyboard, whence setting and controls (such as for casting from matrices) are found As an operator's fingers move over the keyboard, brass matrices, each bearing the mould of a letter, are released from an overhead magazine They come rattling down their channels and fit themselves comfortably into the receptacle in front of the operator A bell rings and the operator knows that a complete line of matrices is assembled. He presses a lever and before

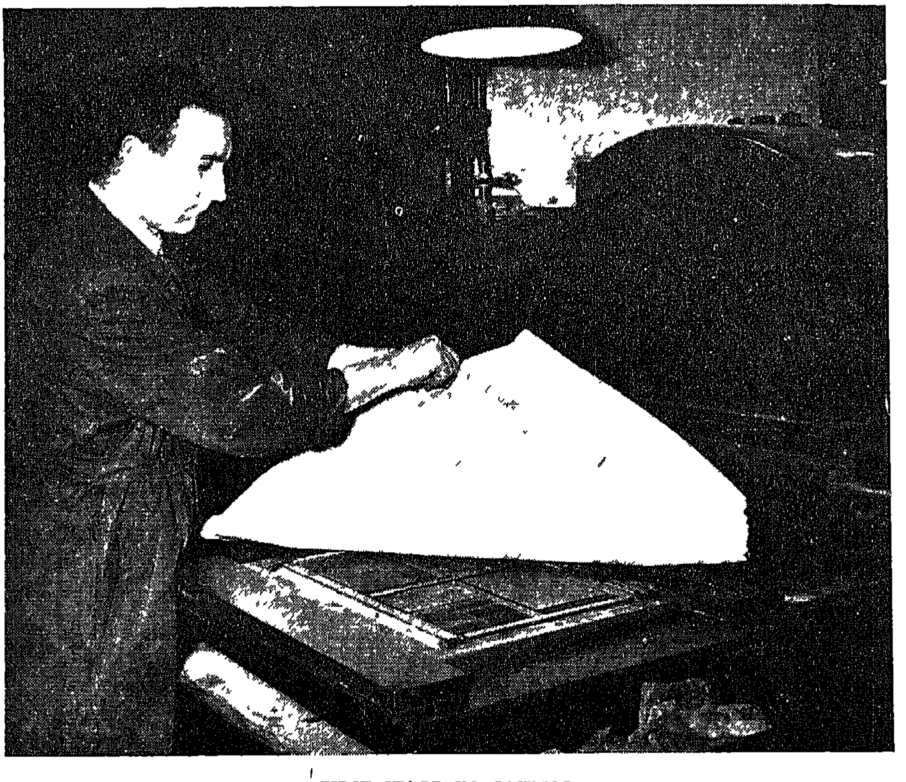
one can count ten the receptacle has disappeared Molten metal has come into contact with the matrices and here a shining white metal line of type comes sliding out—still hot!

And now let us visit those very necessary persons, the stereotypers, whose craft has done as much as anything to put printing on a modern footing

Our sense of smell promptly tells us that we have entered a stereotyping "foundry" Notice the dry acrid odour, suggesting burning metal, to which, however, we soon become accustomed

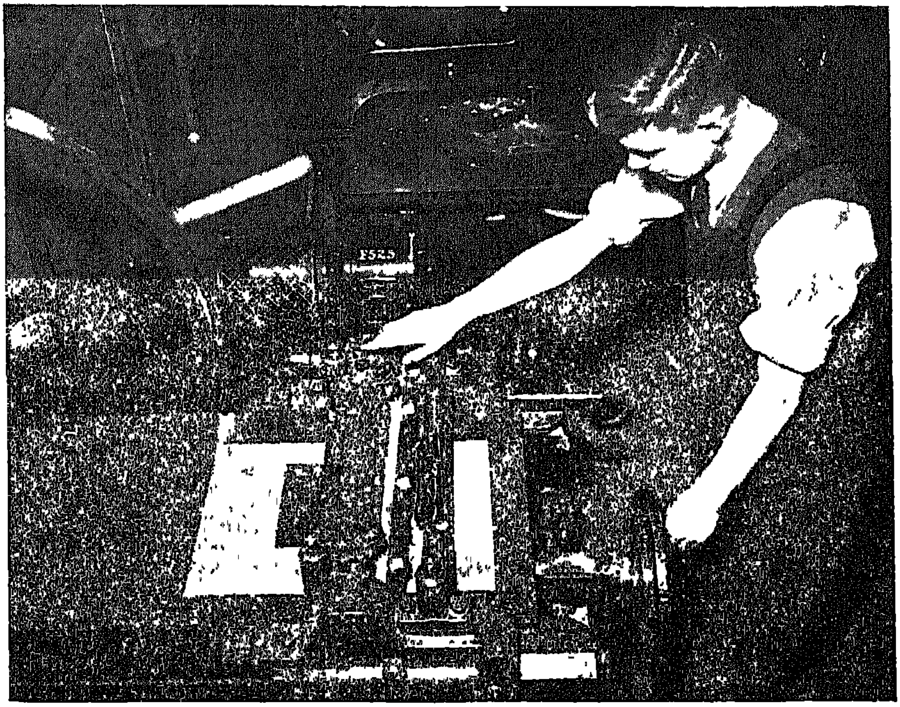
Here is a stereoplate It is about one-sixth of an inch in thickness and is made of a mixture of lead, antimony and tin The front—or the face—presents a picture of a page of type in reverse, whilst the back is slightly ribbed or grooved to enable it to lie down evenly

Now come and see a forme of type being moulded, in this case a small forme. The type matter has been specially assembled for casting and the forme is placed on the flat bed of a sturdily built machine, affectionately called a "mangle" by the operator After adjusting the type for a little while, he places what appears to be a sheet of stout millboard over the formes and covers that again with a rubber blanket and a sheet of zinc The whole



FIRST STAGE IN CASTING

FIG 3 *Here the type-face has been specially assembled for casting operations and placed ready in the machine, familiarly called a "mangle" It is then covered with a special preparation, known as "flong," which takes a perfect impression under pressure from a revolving cylinder.*



PLANING A STEREOPLATE

FIG. 4. *After the stereoplate has been cast in metal from the "flong," it is carefully planed, as is shown in the above photograph After it has been smoothed, the plate is ready for the final stage in the series of operations—being mounted "type-high" on a wooden base*

passes beneath a revolving steel cylinder which crushes the "board" against the type, and the job is done (Fig 3).

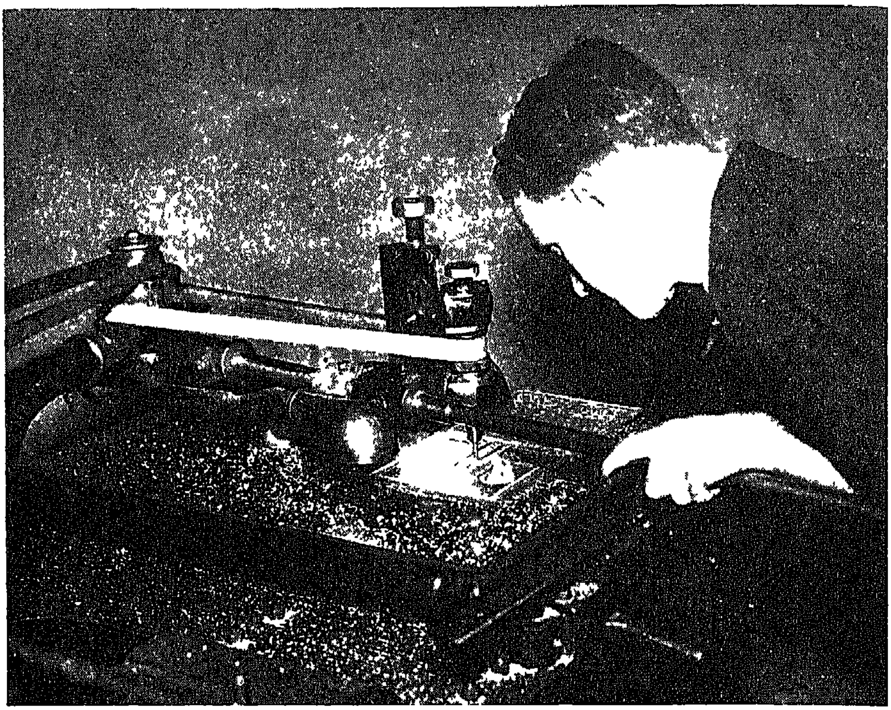
Let us lift the "board" and handle the mould The great pressure exerted by the cylinder has forced the type-face into the unresisting surface of the "board" and each letter-character is thus plainly visible sunk deeply into its appointed place. The moulded forme is now ready for use

## *"Flongs"*

Some explanation is necessary regarding the composition of the "board" or "millboard" which is used in the making of a moulded forme.

Actually the material used for this purpose is called "flong," and is specially constructed from many layers of blotting- and tissue-papers firmly held together by a rather wonderful kind of paste It has now become a matrix from which we can cast our plates

Dry flongs are universally used for newspaper reproduction, where the printing is done at high speed on rotary machines For such work the matrix of a whole newspaper page is placed in a curved moulding box and a cast is made to fit the cylinder of the printing machine. The stereoplates resemble a half-circle and are clamped into position on the cylinder, which revolves with the paper roll to print the requisite number of copies normally calculated to satisfy the requirements of each edition



ROUTING MACHINE

FIG. 5. *In casting pages into stereos, the unwanted portions of the plate are carefully cut away by a routing machine, which is seen in action above. A good eye, steady hand and considerable experience are needed for this—one slip of the tool would ruin the work*

We now pass on to the casting boxes standing beside huge cauldrons ("pots," the stereotypers call them) of molten metal, where you see the matrix inserted and securely clamped down in what we may call the lower half of the box. The steel box is now closed and brought to a perpendicular position, and we watch the operator expertly ladle the molten metal into its mouth

## *Routing and planing*

In a few seconds the upper lid is removed and the casting taken out to have all superfluous metal trimmed away The screaming circular saw appears to be angry, for it snarls and bites into the plate like a wild beast devouring its prey.

Next we move to a routing machine which removes all unwanted portions from the surface (Fig. 5) A plane is next used to square up the edges (Fig 4) The stereoplate is now ready for the final operation—mounting on a wooden base, which brings the face type-high, ready for the printer

Electrotyping for printing is the art of producing duplicates of type formes, process and other blocks by means of the electro-deposition of copper upon a mould of the original The process requires the installation of an expensive plant and the careful training of a staff of intelligent craftsmen Long experience is necessary before a learner is likely to become an efficient electrotyper.

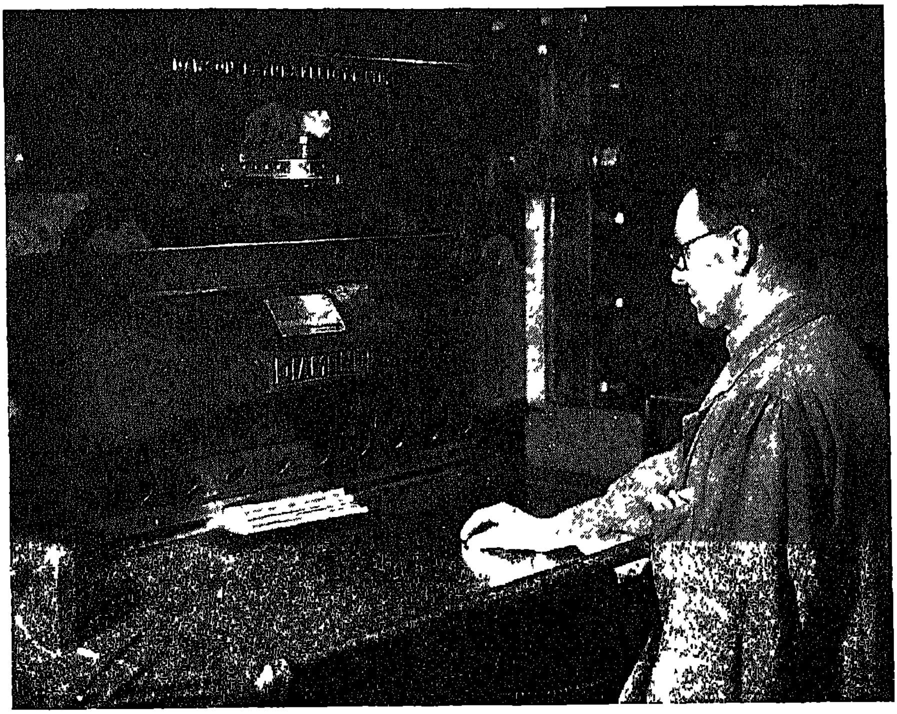
Whilst all these things are going on in the various departments of the printing-works, the blocks which are to illustrate the copy, are being made and mounted so that they will be ready for their job when the type is eventually set So our next visit is to the blockmakers.

## *Reproducing illustrations*

Obviously, all existing types of illustration, popularly known as "pictures," cannot be reviewed in detail here, but a brief account of one of the greatest will help us to appreciate the high degree of technical skill that lies behind the "pictures" in our books, periodicals and newspapers For example, the photo-engraver, whose handiwork comes before the public on the innumerable occasions when half-tone process blocks are employed—as in the book before you—has a job demanding a high degree of efficiency. Let us follow some imaginary but typical photo-engravers into the studio.

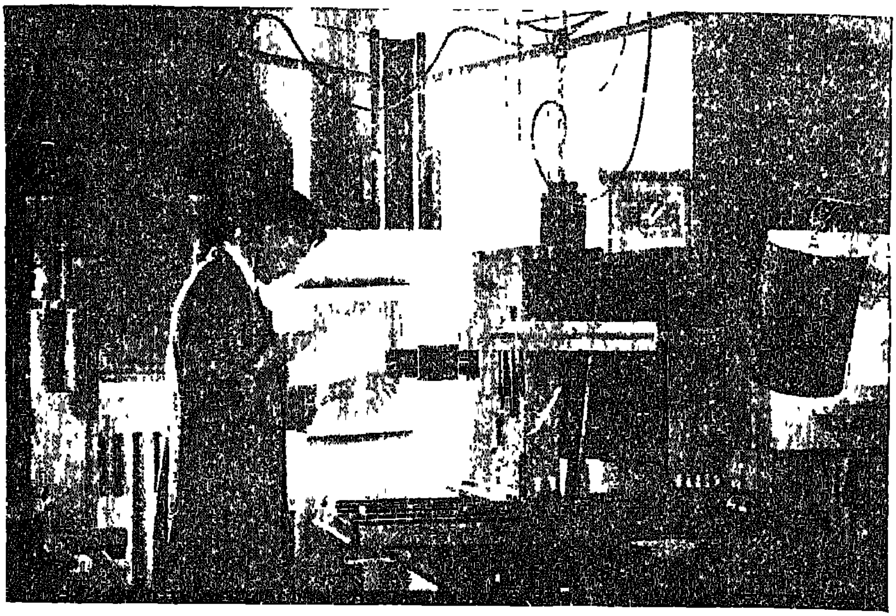
Putting on a "warehouse coat" type of overall—the craft's universal "uniform"—our operator takes a quick look round the apparatus and chemicals and is ready

Say that the first job is an illustration accompanying this chapter The "original" is fixed on the copy board of a process camera, and some 5,000 or so candle-power of light switched on from two arc-lamps Here it may be mentioned that the carbons used for the lamps are



GUILLOTINE DESCENDS

*Cutting and trimming are necessary processes in the craft of printing Here we see a "guillotine" in action, the sharp knife descending upon the paper which has been placed under it. Every possible precaution in the form of guards and safety catches is used to prevent possible injury.*



FIRST STAGE IN PHOTO-ENGRAVING

FIG. 6 *Illustrations for printing are etched into metal mounted on wood, the finished article being known as a "block" The first stage, shown above, consists of photographing the original with a specially designed camera with a long bellows which allows of considerable reduction or enlargement.*

precisely the same as those used for searchlights! The type of camera used is so big and heavy that it is mounted on rails and moved back and forth on wheels The operator next focuses the original to the required size, then making a copy negative from it by the old wet collodion process "Wet plate," so called because the glass plates are hand-coated and sensitized and must then be exposed while still wet, is still commonly used because it suits the purpose exceptionally well, although many prefer the more modern ready-made dry plates of which "process" types are specially prepared for use

## *Half-tone processes*

A sheet of glass accurately ruled with crossing opaque lines—the process screen—is placed a short distance in front of the photographic plate, the effect being to split up the image into dots, 120 per square inch in this case The dots vary in size according to the screen employed. After suitable chemical treatment, when much can be done to affect the tone rendering, the negative is dried and is ready for printing on metal

The next step is to clean and polish a thin sheet of zinc—just plain hard work with pumice powder and a scrubbing brush!—and then coat it with glue—just good quality fish glue containing some ammonium bichromate When the coating is dry the metal is pressed tightly against the negative in a sturdy printing frame having a glass front over an inch thick to withstand the pressure, and the whole is then exposed for a few minutes to another arc lamp Next the zinc plate is removed and washed under a tap Now, the light affects the bichromated glue coating and it will no longer dissolve away in water except where the dots

forming the negative kept off the light and there it washes out cleanly A bath in dye makes the glue print visible, and after careful examination it is then burnt in by holding in tongs and heating over a gas flame until the glue carbonizes into a strong black acid resisting enamel—or until, to the operator's infinite disgust, the very hot metal melts!

### *Etching and trimming*

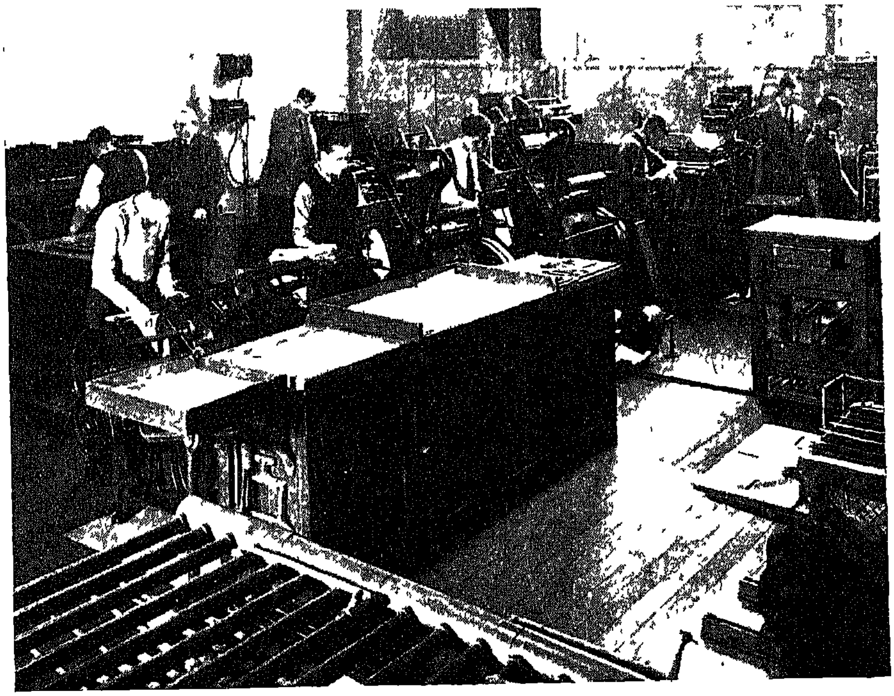
Next comes the etching process, when the metal print is put into a machine and sprayed with dilute nitric acid until the bare metal between the enamel dots is eaten away enough to leave them "standing proud" and of just the right size After suitable trimming and mounting on wood to type-height, the block is ready for printing

Now, let us suppose that the blocks have been made, and that the forme, which has already been described, is ready to go to Press

### *Going to Press*

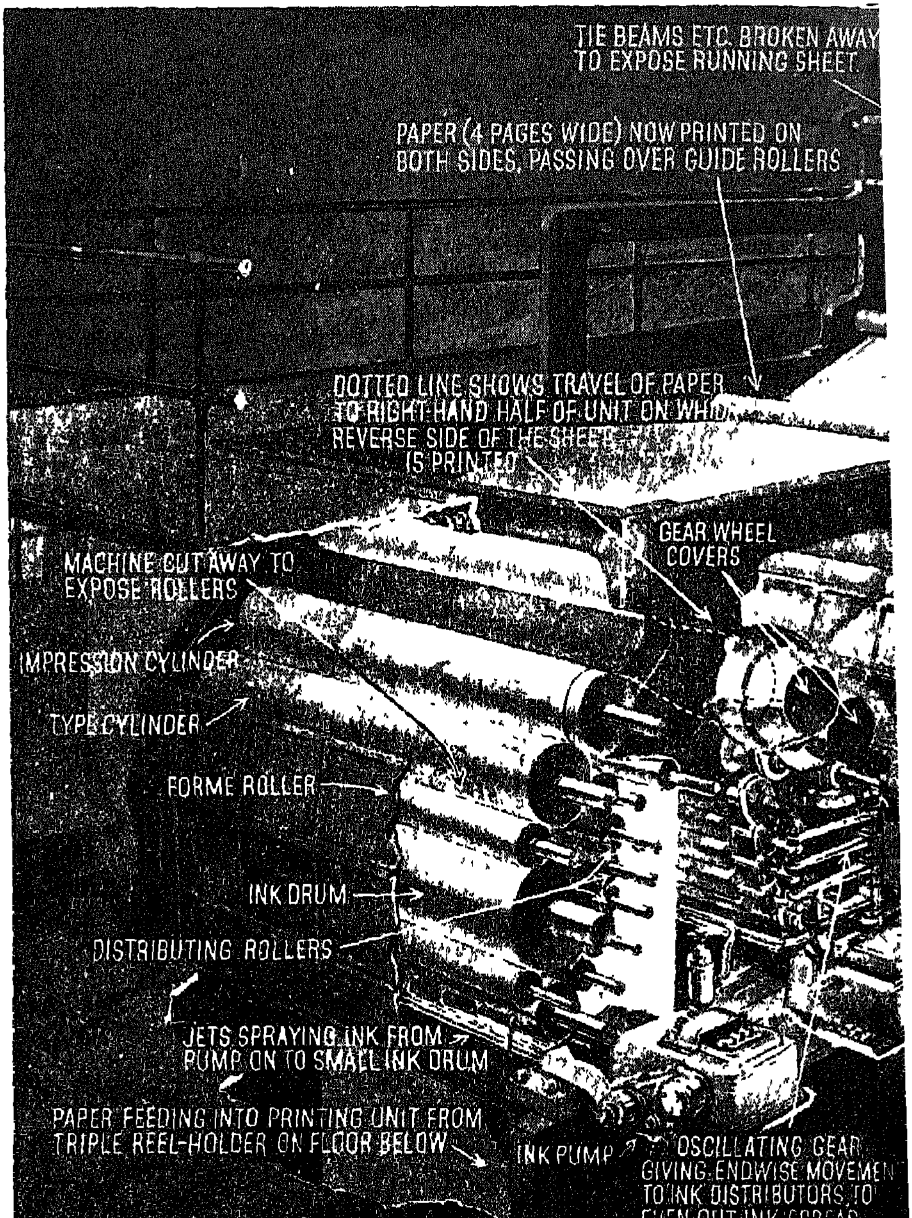
"Going to press" means what it says The forme has gone to the printing press, so we follow it to the machine-room, which, as any of its operatives will claim, is the most important of all It is there that the reputation of the artist, the blockmaker and the compositor can be enhanced or damaged. Much of their skill would never be recognized if their colleagues in the machine-room could not competently print the formes prepared for them

It should be explained that the machines



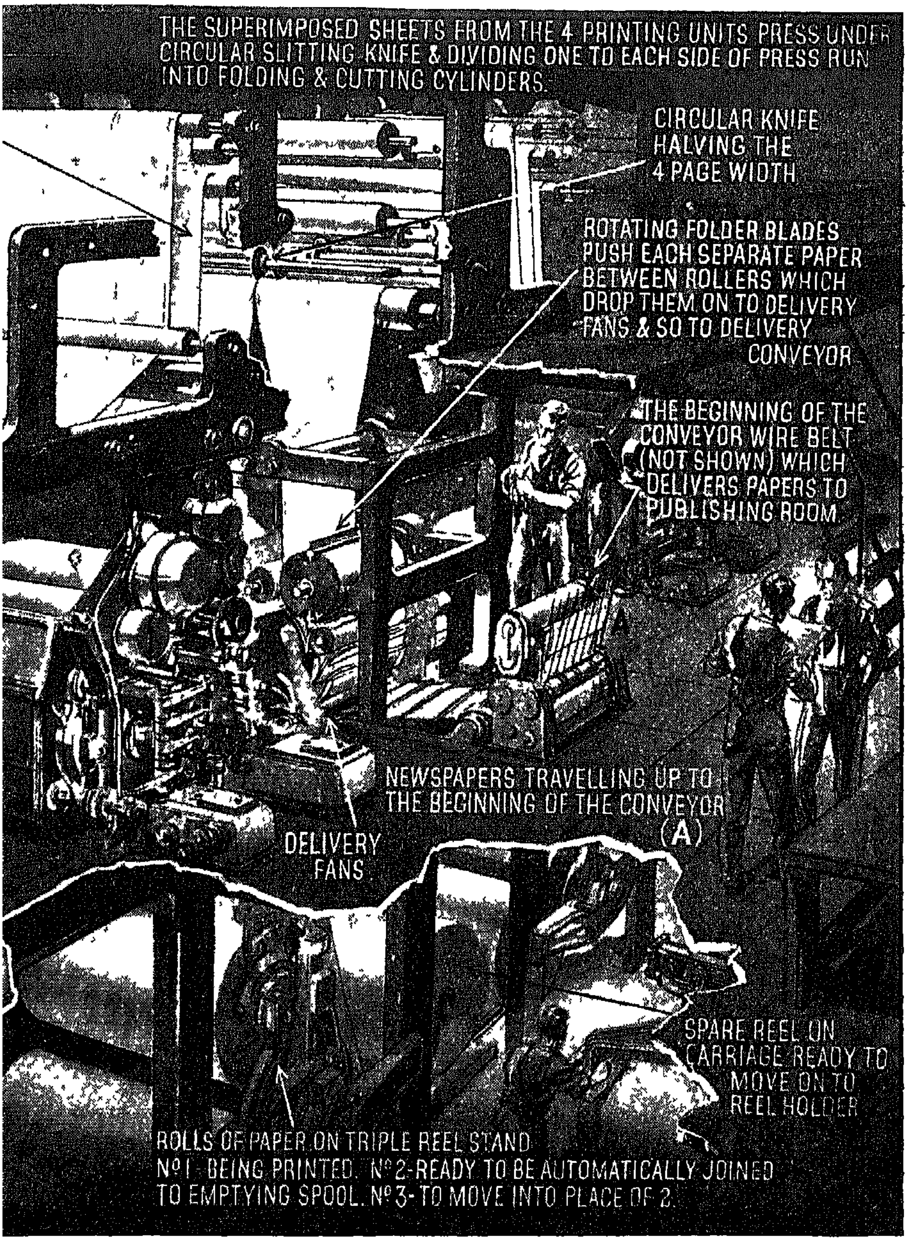
YOUNG CRAFTSMEN IN THE MAKING

*Well known to printing operatives, the London School of Printing and Kindred Trades enables boys who are serving their apprenticeship to acquire a first-class practical and theoretical training as craftsmen A typical class is seen at work in the photograph reproduced above.*



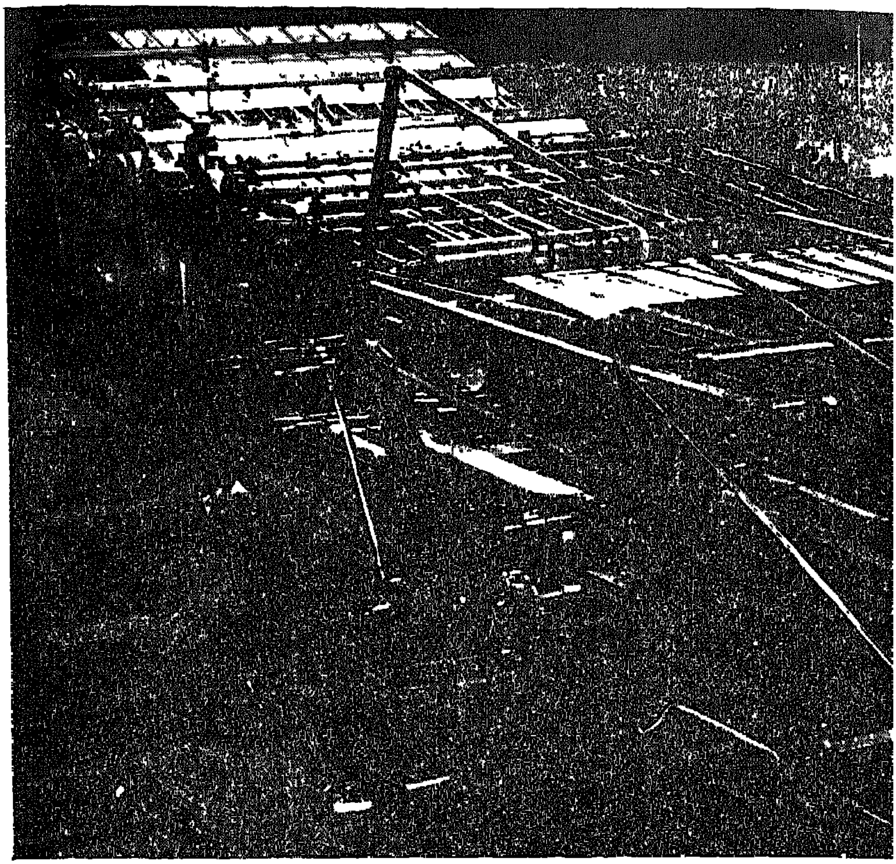

HOW YOUR DAILY PAPER

FIG. 7 *Here is a diagrammatic impression of one of the mighty machines that give news to the world In newspaper and magazine work the need for speed in printing is paramount. The invention of the rotary press, the workings of which are explained in the above drawing, has enabled up to 25,000 copies per hour to be "run off," cut and folded by one complex machine.*




COMES INTO BEING

*To achieve one continuous process, cylindrical castings (stereo- or electro-type) are made from the actual type, as explained on pages 242-4, and these revolve in contact with the roll of paper, both sides being evenly printed with a special ink that dries without smudging. Such, as apart from the all-important human element, are the gigantic mechanisms that print your newspapers.*



TWIN CYLINDER FLAT-BED

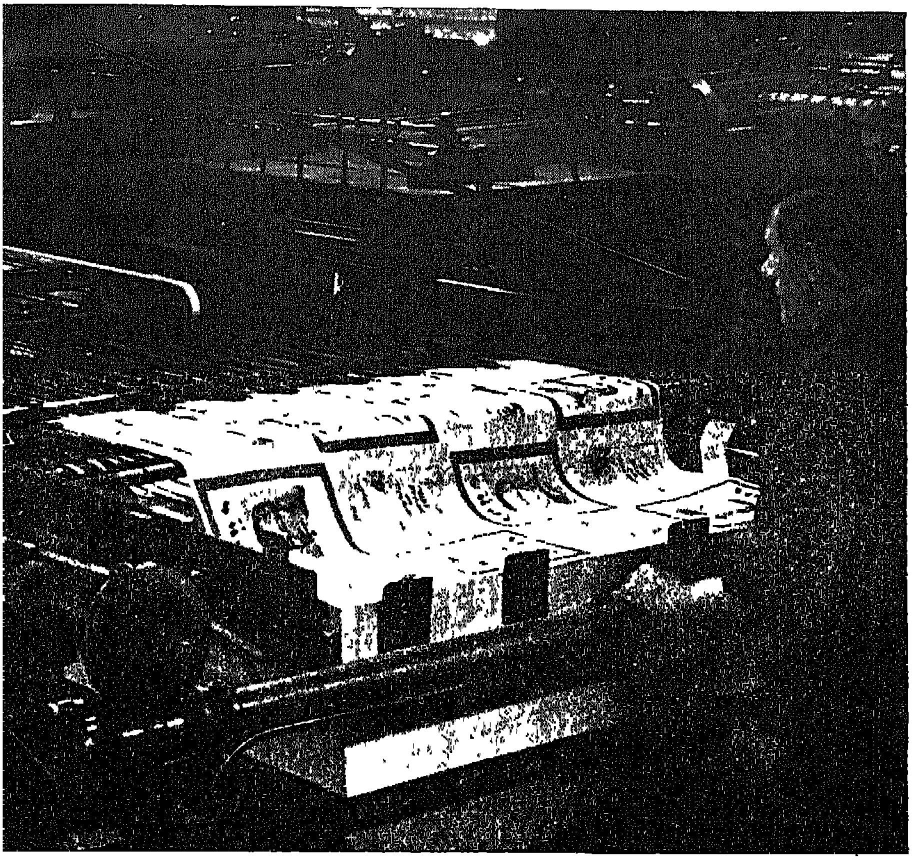
*This machine prints a sheet 35 in. × 45 in on both sides of the paper at the rate of 1,500 copies an hour, it is entirely automatic both as regards the feeding of the white paper, and*

we shall meet are merely representative of the many different kinds existing, all performing the same task but each having characteristic movements evolved by its designer They are made in many sizes from those built to print the small visiting card to those capable of printing a sheet of paper measuring anything up to 60 × 40 in , or even larger.

For newspaper production, or for exceptionally large quantities, "rotaries" are used On these, type castings (stereo- or electro-plates) revolve in continuous contact with the paper roll, producing any number up to 25,000 an hour They are most ingenious machines—an assembly of intricate cogs, cams and cylinders which not only print, but cut and fold copies at the same time (Fig 7)

The small machines are known as "platens " They do not take their impression from cylinders, but print the sheet on a platen surface—the machine opening and closing on the type for each impression

The machines in the room we are visiting are "flat-bed cylinders," which means that the forme of type is carried



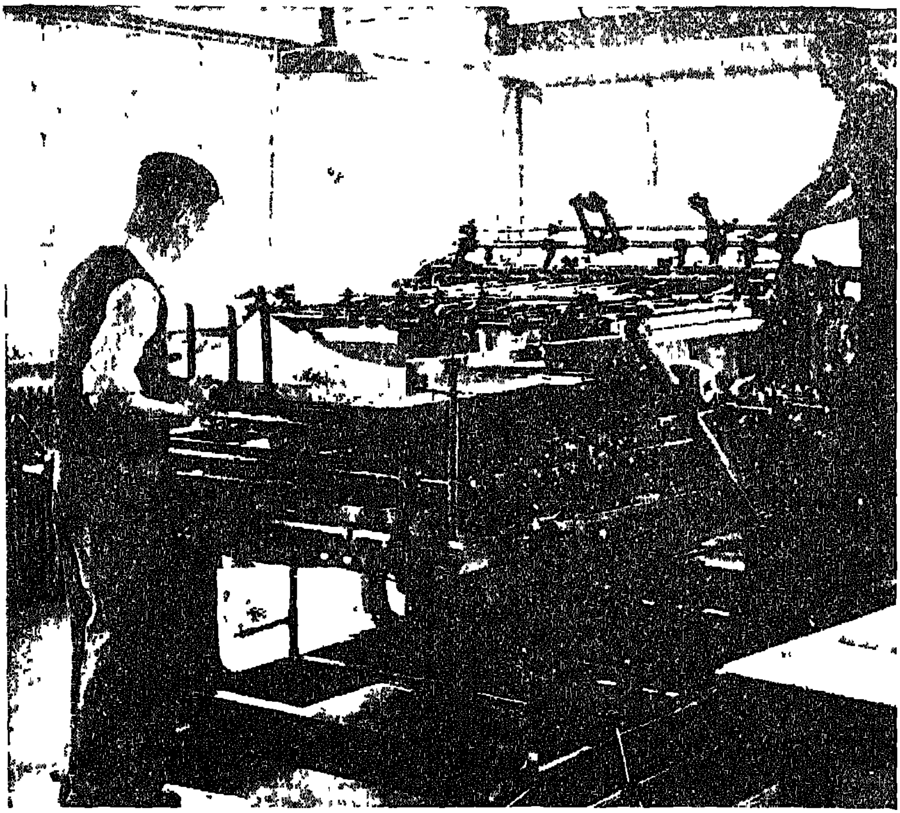
TWO-REVOLUTION PRINTING MACHINE
*the delivery of the fully printed sheet The machine-minder must keep constant watch so that minute adjustments can be made to remedy any defects without stopping the run of the machine.*

backwards and forwards on a flat-bed carriage and travels beneath a cylinder which is ready for impression

Here, for example, is a machine having two cylinders on which sheets of paper, 35 × 45 in, are being automatically fed to its grippers Notice how the grippers take the sheet and carry it round the cylinder that is revolving over the type. One revolution, and one side is printed, after which the sheet is swiftly transferred to a second cylinder upon which the reverse side of the paper is printed from a second forme of type—and all in one continuous movement

Just look at those perfect sheets flowing over the delivery tapes at the rate of 1,500 copies an hour!

When visiting the composing room we saw an eight-page forme of a magazine being prepared for machining Well, here is the forme being printed on a suitably sized machine—a Wharfedale, printing a sheet 20 × 30 in. Notice how the forme is securely locked in position on the bed of the machine and how the type comes into contact with those ink-covered rollers which are so adjusted as to convey



TWO-REVOLUTION MACHINE

*For general work, a two-revolution printing machine as seen above is widely used The name derives from the fact that the cylinder makes two revolutions, during one of which the sheet is printed, and during the other the cylinder rises clear of the forme to allow the sheet to be delivered.*

a thin film of ink to the type-face.

Just a word about the ink Here is the supply in this duct at the back of the machine Printers' ink is of the consistency of heavy treacle Observe how the roller in contact with the duct carries ink forward to one roller after another until it becomes evenly spread, ready for type

The cylinder has already been "dressed" to provide correct pressure Sheets of paper form the "dress" and it is upon these sheets that the operator exercises his skill to make good any imperfection apparent in the type-face.

On this machine the sheets to be printed are fed to the cylinder by hand The operator will run the machine slowly to allow you to follow the motions. Watch how the inkers do their work, now that the forme is travelling forward beneath the cylinder. Grippers—see those teeth in the sunk slot on the cylinder—close on the edge of the sheet of paper, and as the forme returns, the cylinder, revolving at the same speed as the forme, brings the paper into contact with the type-face Just sufficient pressure is imparted to produce the printed copy.

# INDEX

ENTRIES IN ITALICS REFER TO ILLUSTRATIONS

## ACKNOWLEDGMENTS

Among those to whom thanks are due for their courtesy in allowing use to be made of illustrations which are their copyright, or for information or other assistance, are —

Babcock & Wilcox, Ltd British Council, British Federation of Master Printers, British Iron & Steel Federation, British Pottery Association, Mr John Bruce, J Allan Cash, A R P S, Chance Brothers, Ltd, Cotton Board, Courtaulds, Ltd, *Daily Herald*, Davy & United Engineering Co, Ltd, Electric Furnace Co, Ltd, *Farmer & Stockbreeder*, *Farmers' Weekly*, Federation of British Industries, Thomas Firth & John [illegible] r Co, Ltd, Gas Light & Cok[illegible] , Ltd, Gibbons Brothers, Ltd [illegible] on and Steel Co, Ltd, Glass [illegible] John Haigh & Sons Ltd, G[illegible] d, R Hoe & Co Ltd, Huddersfield Technical College, Hunt and Winterbotham, Ltd, India Mills (Darwen), Ltd, International Wool Publicity & Research Secretariat, Linotype & Machinery, Ltd, Liner Concrete Machinery Co, Ltd, London School of Printing, John Lysaght, Ltd, Metropolitan Vickers Electrical Co, Ltd, Mining Association of Great Britain, Monotype Corporation, Ltd, I & R Morley, Ltd, Murex Welding Processes, Ltd, National Farmers' Union, Platt Brothers & Co, Ltd, Prince Smith & Stells, Ltd, Sellers & Co (Huddersfield), Ltd, Simon Carves, Ltd, Wing Commander Maurice Smith, R A F, Swissvale Glass Machinery Corporation, *The Times*, Mr John D Troup, United Steel Companies, Ltd, Squadron-Leader C H Ward Jackson, R A F, Josiah Wedgwood & Sons, Ltd, Wellman Smith Owen Engineering Association, Wool Industries Association, Yates, Cook & Derbyshire, *Yorkshire Evening Post*

*Copyright T 1044 T* *Made and Printed in Great Britain by C Tinling & Co, Ltd, [illegible], London and Prescot*